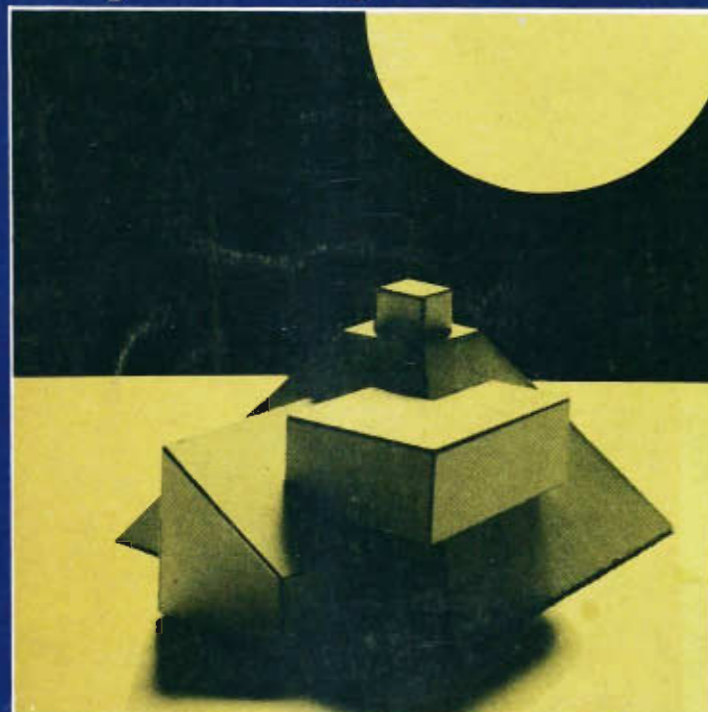


Arquitectura Bioclimática y Energía Solar

viento y arquitectura

JOSE ROBERTO GARCIA CHAVEZ

VICTOR FUENTES FREIXANET



UNIVERSIDAD AUTONOMA METROPOLITANA


UNIDAD AZCAPOTZALCO. División de Ciencias y Artes para el Diseño
Departamento de Medio Ambiente para el Diseño

Arquitectura Bioclimática y Energía Solar

viento y arquitectura

JOSE ROBERTO GARCIA CHAVEZ

VICTOR FUENTES FREIXANET

 **AZCAPOTZALCO**
CDSEI BIBLIOTECA

2894709

142813



UNIVERSIDAD AUTONOMA METROPOLITANA

UNIDAD AZCAPOTZALCO. División de Ciencias y Artes para el Diseño
Departamento de Medio Ambiente para el Diseño

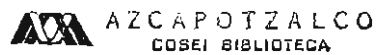
© UNIVERSIDAD AUTONOMA METROPOLITANA - UNIDAD AZCAPOTZALCO
México, D.F., 1985.

Diseño LAURA E. LEON VALLE.
Portada: PALOMA IBÁÑEZ.

Revisión y
Corrección ARQ. CARLOS PEREZ INFANTE.
de Textos

Apoyo Silvia Castro Miranda
Mecanográfico: Victorina Hernández Lazcano.

Esta edición consta de 200 ejemplares
Impreso en los Talleres de la Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Azcapotzalco
Av. San Pablo 180, Azcapotzalco, México 16, D.F.



INDICE

PREFACIO	1
RESUMEN	5
ABSTRACT	7
INTRODUCCION	9

CAPITULO I EL VIENTO

VIENTOS GENERALES.

. Caso hipotético	21
. Caso real	22
. Efecto coriolis.....	23
. Gradiente de presión	27
. Fuerza centrífuga	28
. Efecto de fricción	28

VIENTOS LOCALES.

. Turbulencias	29
. Efectos de la topografía ..	36
. Viento laminar	37

VIENTOS CONVECTIVOS.

. Brisas mar-tierra	39
. Vientos de ladera	45
. Vientos de valle	46
. Vientos de planicie	48
. Remolinos	48
. Vientos urbanos	50

CAPITULO II

VEGETACION Y VIENTO

LA VEGETACION	55
. Usos de la vegetación	58
CALIDAD DEL AIRE	
. Acondicionamiento y purificación ...	59
CONTROL DEL VIENTO	
. Efectos de la vegetación en los vientos locales	64
. Protección contra el viento	66

CAPITULO III

VENTILACION NATURAL Y SU OPTIMO APROVECHAMIENTO EN LA ARQUITECTURA

CONFORT	
. Confort natural humano y requerimientos bioclimáticos de los usuarios ..	81
DISEÑO DE LA VENTILACION NATURAL	88
MOVIMIENTOS HORIZONTALES	
. Inercia del viento	91
. Localización de entrada	92
. Localización de salida	93
. Forma y tipo de aberturas	94
. Accesorios de ventanas y elementos arquitectónicos	96
. Tamaño de las aberturas	97
. Divisiones interiores	106

. Orientación en ventilación cruzada	107
. Orientación en ventilación unilateral	114
. Efecto venturi	125
. Flujo del aire alrededor de los edificios	128
. Vegetación y viento (diseño) ..	131
. Protección contra el viento ..	136

MOVIMIENTOS VERTICALES.

. Efecto de chimenea (stack - effect)	139
. Torres eólicas	140
. Bóvedas	144
. Patio y atrio	148

Resumen de recomendaciones de diseño para un - manejo óptimo del viento en movimientos hori- zontales y verticales	154
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----

CAPITULO IV

CALCULOS DE VENTILACION

ANALISIS Y CALCULO

. Calidad del aire	159
. Cantidad de aire	165

VENTILACION Y AIRE EN MOVIMIENTO

. Pérdidas (y ganancias) de calor	167
. Cantidad de aire que pasa a - través de una ventana	169
. Circulación convectiva	172
. Movimiento de aire sobre el cuerpo	176

CAPITULO V

DISEÑO DE LA VENTILACION

CASOS ESTUDIO.

. Ejemplos de análisis, cálculo, diseño y evaluación de aperturas para la optimización del viento en relación a la obtención de bienestar ambiental de los usuarios en sus edificaciones	187
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------

CAPITULO VI

DISEÑO POR COMPUTADORA

PROGRAMAS

. Análisis, cálculo, diseño y evaluación de sistemas eólicos pasivos por computadora.....	243
-------------------------------------------------------------------------------------------	------------

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	255
AYUDAS DE DISEÑO	265
GLOSARIO DE TERMINOS.....	281
REFERENCIAS	311
BIBLIOGRAFIA	315

PREFACIO.

Este documento, ha surgido por la necesidad original y aun actual, de brindar condiciones de vida más favorables para el hombre y sus futuras generaciones.

El hombre ha utilizado la energía en sus diversas -- formas, desde su Creación. El viento es una forma de energía solar que ha sido utilizada por el hombre -- desde épocas ancestrales, para satisfacer múltiples necesidades. El viento es aire en movimiento producido por las diferencias de temperatura y presión --- atmosférica, causadas a su vez, por un calentamiento no uniforme de la superficie terrestre; por lo tanto, la acción calcrífica del sol y la rotación terrestre originan el fenómeno eólico.

A partir de la Revolución Industrial (Siglo XVIII), el hombre pareció olvidar los notables avances logrados hasta entonces, en el aprovechamiento de los recursos energéticos naturales renovables. Comenzó a - utilizar indiscriminadamente los energéticos fósiles como el carbón, iniciándose también, el deterioro de nuestro medio ambiente por la contaminación del aire, la tierra y el agua.

La utilización de la energía en la arquitectura y el urbanismo, también ha tenido un gran impacto. Desde el siglo XVIII se ha venido despilfarrando una enorme cantidad de energía en las edificaciones e infra-

estructura, para iluminar, ventilar, climatizar, -- energizar y aislar los espacios donde el hombre desarrolla sus múltiples actividades. Se ha creado una dependencia nociva en los energéticos fósiles, altamente contaminantes y el resultado ha sido lamentable: respuestas que no solucionan las verdaderas necesidades del hombre, que dañan principalmente su salud y economía. Baste señalar a este respecto que en el año de 1984, la Organización Mundial de la Salud, emitió un dictamen donde se establece que el 75% de las enfermedades crónicas del sistema respiratorio - en el hombre, se deben principalmente a las condiciones inadecuadas de las edificaciones que lo alojan.

La Arquitectura actual, con su carácter supuestamente al servicio del hombre, ha ignorado que la necesidad fundamental de albergue de éste no ha variado en miles de años. En efecto, protegerse de las condicionantes ambientales adversas, ha sido la premisa fundamental del habitat del hombre desde sus primeras manifestaciones en este planeta, la cual sufrió una distorsión conceptual que hoy estamos padeciendo.

Actualmente, hacer un uso eficiente y sensato de -
nuestros valiosos recursos energéticos naturales en
la arquitectura es impostergable.

Por otra parte, la dificultad de conseguir informa-
ción con respecto a este tema resulta evidente en -
nuestro medio. Esto alentó más aún nuestra inquie-
tud para desarrollar este documento, cuyos resulta-
dos, no pretenden establecer parámetros fijos, sino
crear motivaciones para la búsqueda afanosa de solu-
ciones de diseño, acordes a cada caso específico. -
Es nuestra intención que el presente trabajo sea --
una herramienta de diseño útil, práctica y sobre to-
do: humana.

José Roberto García Chávez
Agosto, 1985.

RESUMEN.

El presente trabajo integra los principios y características del comportamiento del viento. Se establecen los efectos de los vientos generales, locales y convectivos, en el capítulo introductorio.

Se hace énfasis en los efectos combinados del viento y la vegetación en el diseño arquitectónico y urbano.

Para complementar la fase introductoria, se presentan las estrategias del diseño de la ventilación natural, tanto de los movimientos horizontales como de los verticales. Métodos de evaluación cuantitativa - se integran al desarrollo del presente trabajo.

Ayudas de diseño, tales como: tablas, nomogramas e - Indices con un glosario de términos que se consideró sumamente necesario, al igual que la bibliografía y referencias, están incluidas.

Es muy importante concientizarse de la problemática del manejo adecuado del viento en la arquitectura y el urbanismo, sobre todo por la profunda influencia que tiene en las diversas actividades y funciones - del hombre; pero es todavía más importante, urgente y necesario, realizar acciones que infieran en resultados óptimos de diseño para beneficio directo -

del hombre y así poder brindarle espacios habitables, confortables y sobre todo saludables para el cuerpo, la mente y el espíritu.

Este trabajo tiene el propósito de apoyar dichas -- acciones a través del conocimiento y práctica de la información expuesta en el mismo. Es por lo tanto recomendable, utilizarlo como una herramienta de diseño con la firme determinación de buscar siempre y -- prioritariamente, el mejorar las condiciones de vida del hombre y sus futuras generaciones.

ABSTRACT.

This document depicts, at the very beginning, the principles and characteristics of wind behavior. General, local and convective winds are studied --- through the introductory chapter.

Emphasis in combined effects of wind and vegetation in architectural and urban design is also carried on.

Design strategies for natural ventilation for both horizontal and vertical movements are showed up. Quantitative evaluation methods are developed through -- the actual document.

It also includes: Design aids (nomograms, tables, -- etc.), glosary and the corresponding references and bibliography.

It is very important to be conscious of the necessity for an appiropriate handle of wind in architecture and urban design, above all for the significant influence that it has in human activities and functions, but it is even more urgent and necessary to carry out actions that infer optimum design results -- for the benefit of human beings that make them possible to achieve livable, comfortable and healthy spa-

ces for body, mind and spirit.

The purpose of this document is to support such --
actions through the knowledge and practice of the -
information obtained on it, as an alternative of so
lution.

Therefore it is recommended to use it as a design -
tool in order to always look for an improvement of
human life conditions for both: present and future
world.

INTRODUCCION.

Existen cuatro sistemas naturales de energla en nuestro planeta:

- . EL SOL
- . EL VIENTO
- . EL AGUA y
- . LA TIERRA

De estos cuatro, el más importante es el sol, ya que gracias a su acción es posible la manifestación de - los tres restantes.

El viento, que es una forma de energla solar, es de gran importancia para el hombre. Todos los seres vivos necesitamos de aire para subsistir. La naturaleza del Creador nos lo ha proporcionado: limpio, puro y gratuito, durante miles de años.

El aire limpio, rico en Óxigeno para respirar, es la necesidad ambiental más urgente para la vida humana.

Históricamente, el viento ha significado para el hombre la satisfacción de su necesidad vital para sub-- sistir y una herramienta natural de extraordinaria - utilidad.

Gracias a la acción benévola del viento, el hombre - ha podido desplazarse por los océanos, también moler sus granos, bombear agua de las profundidades y hasta generar electricidad sin dañar el medio ambiente.

En China y Persia (500 A.C.) se encontraron las primeras evidencias del uso de los molinos de viento; - posteriormente en Inglaterra (1700 D.C.) aparecen y su uso se extiende por casi todo el continente Europeo, lográndose notables avances y beneficios para - el hombre.

Desgraciadamente surge la Revolución Industrial de - mitad del siglo XVIII y se detienen los avances lo-- grados hasta ese momento, cuando todo hacía suponer que se obtendría un partido fabuloso del aprovecha-- miento de las fuentes de energía naturales renova--- bles. Surge también el principio del deterioro de -- nuestro medio ambiente con la contaminación en el -- aire, el agua y la tierra.

En las acciones de la arquitectura y el urbanismo se han venido manejando criterios de diseño que no sa-- tisfacen la premisa fundamental del habitat del hombre: Proporcionar condiciones habitables, saludables y confortables para el usuario, protegiéndolo de las condiciones adversas del medio ambiente circundante.

Esa necesidad que desde la Creación del Hombre ha -- existido, se ha distorsionado en su concepción verdadera, desviándose hacia la búsqueda de falsas necesidades. Un edificio super-aislado, sellado a la interacción de las condiciones ambientales exteriores, y altamente condicionado a la utilización de energéticos fósiles (carbón, petróleo, etc.) es el prototipo de la arquitectura actual. La economía y desgraciadamente la salud del hombre, han sido seriamente afectadas por esta actitud torpe e injustificada que a partir de la Revolución Industrial ha venido desarro-- llándose por grupos minoritarios que mantienen así - sus mezquinos intereses a costa del deterioro del - nivel y condiciones de vida de sus semejantes.

Es urgente y necesaria una actitud más consciente -- hacia la sensata y eficiente utilización de nuestros valiosos recursos naturales y a los profesionistas - involucrados en el quehacer constructivo les compete asumir la alta responsabilidad de brindar sus mejo-- res esfuerzos en pro de una vida mejor para el pre-- sente y futuro del hombre.

Veremos que el viento, si se utiliza sensatamente, - nos puede proporcionar una amplia gama de satisfactores entre los que podemos señalar:

- . Aire fresco y puro

- . Confort ambiental: Climatización Natural en diferentes climas.
- . Desplazamiento de vehículos náuticos.
- . Compresión eólica.
- . Bombeo de agua a partir de aerogeneradores.
- . Molienda de granos.
- . Energía mecánica para usos industriales.
- . Generación de electricidad.

Por lo que respecta al ahorro de energía, éste es de vital importancia en la actualidad ya que al llevarlo a cabo, sería factible la preservación de los recursos energéticos naturales y del medio ambiente mejorando además nuestra economía.

El movimiento continuo del aire es una necesidad, como ya se dijo, vital para la sobrevivencia del hombre; al mismo tiempo es igualmente una necesidad primaria para el bienestar térmico o confort ambiental de los usuarios de un espacio, para disipar por convección el calor excesivo del cuerpo y para evaporar la transpiración. Por lo tanto, el viento es uno de los elementos climáticos más importantes ya que la dispersión del aire contaminado y el confort humano dependen enormemente de su adecuado manejo. En algunas ciudades, la contaminación proveniente de las diversas actividades humanas, satura el aire de monóxido de carbono, dióxido de carbono, óxidos de nitrógeno

no, dióxido de azufre, sulfuros de oxígeno, hollín, polvo, cenizas y olores. La gran mayoría de estas sustancias son producidas por la combustión de los vehículos, los sistemas de climatización artificial y las industrias, entre otros.

En la arquitectura y el urbanismo, el control apropiado del viento, tiene una gran importancia ya que determina los niveles de bienestar higrotérmico de los usuarios en su habitat y sobre todo la salud de los mismos.

En efecto, las condiciones de ventilación dentro de un edificio tienen una importancia fundamental ya que determinan la salud y el confort humano. Afectan directamente al usuario a través del efecto fisiológico de la calidad y movimiento del aire e indirectamente a través de su influencia en las temperaturas y humedad del aire y superficies interiores circundantes.

Podemos resumir la acción de la ventilación en distintas funciones:

La primera y de carácter prioritario, es para mantener la calidad del aire sobre niveles aceptables, reemplazando el aire interior, viciado por las distintas actividades de los usuarios, por aire exte---

clor fresco. La salud de los usuarios debe asegurarse ante todo, cumpliendo en el diseño, con la satisfacción de esta vital función.

La segunda función es útil para proporcionar Con--
fort Natural Biotérmico al incrementar las pérdidas de calor del cuerpo y prevenir la falta de confort por la acumulación de humedad en la piel; en climas cálido-húmedos, ésto se logra por medio de una adecuada ventilación natural que favorece el benigno efecto del "enfriamiento evaporativo".

Una tercera función de la ventilación es para enfriar la envolvente o "piel constructiva del edificio" cuando las temperaturas interiores sean más altas - que las del exterior, lo cual permite la disipación del calor por radiación del cuerpo de los usuarios hacia las superficies enfriadas por el viento. Esta característica ambiental es favorable en las regiones cálido-secas para obtener confort.

También requerimos controlar una forma de la ventilación sobre todo en épocas de bajas temperaturas: la infiltración. Evitar el paso del aire frío al interior es necesario para obtener condiciones óptimas de confort.

El viento y su control adecuado, según sea necesaa--

rio en cada región climática, diurna y estacionalmente nos pueden favorecer para lograr:

- . El enfriamiento.
- . La calefacción por procesos termoconvectivos del aire.
- . La humidificación del aire por el proceso de "enfriamiento evaporativo".
- . La deshumidificación por el proceso de "condensación del aire".
- . La ventilación para enfriamiento y/o deshumidificación.
- . La obtención de aire con la calidad y cantidad necesaria para la óptima realización de las funciones vitales y las diversas actividades del hombre.
- . El impedimento de la infiltración indeseable en épocas de bajas temperaturas.

La importancia y prioridad de cada una de las funciones de la ventilación, antes señaladas, dependen de las condiciones diurnas y estacionales de las diferentes regiones climáticas y cada una involucra flujos de aire de diversos órdenes de magnitud y para lograr el confort natural ambiental es necesario desarrollar un diseño bioclimático coherente y versátil, a través de "sistemas pasivos" que infieran en resultados óptimos de diseño para satisfacer los ver

daderos requerimientos bioclimáticos del hombre en su habitat.

En consideración a lo anterior, en este trabajo, se ha buscado reincorporar nuevamente los sistemas naturales de energía a la arquitectura y el urbanismo y así contar con una herramienta del diseño actual y eficaz.

Los criterios de diseño, que en este documento se establecen, se basan en los postulados fundamentales - del diseño solar bioclimático: ⁽¹⁾

- . El edificio debe responder integral y armónicamente a las exigencias ambientales del lugar analizado. Los espacios así construidos deben "metabolizar" con los ciclos armónicos de la naturaleza, en lugar de combatirla, como lo hace la arquitectura convencional.
- . Para lograr una "respuesta armónica favorable" de los edificios con respecto a su entorno natural, la membrana envolvente o --- "piel constructiva del edificio", deberá ---

(1) Los números superiores corresponden a referencias y bibliografía que se localizan al final del libro.

- actuar como un agente flexible, dinámico y poderosamente versátil, que interactúe favorablemente del exterior al interior y viceversa; es decir, como una membrana autorreguladora de las condiciones internas del confort natural biotérmico de los usuarios en sus edificaciones.

Finalmente, consideramos también que el arquitecto actual, debe retomar el compromiso moral de cumplir con su alto cometido social de aportar lo concerniente a su profesión para coadyuvar al mejoramiento de las condiciones de vida de sus semejantes en un marco cronológico que asegure la continuidad y el desarrollo sano y equilibrado de la humanidad. Debe por lo tanto, diseñar y construir espacios saludables, habitables y confortables para la mente, cuerpo y es píritu de los usuarios.

CAPITULO I EL VIENTO

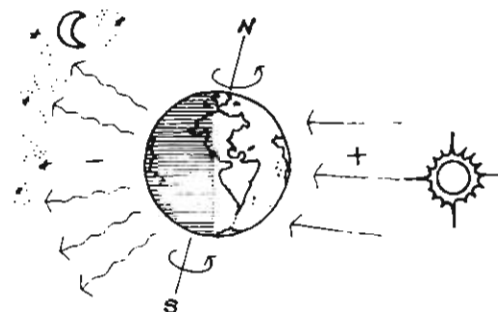
VIENTOS GENERALES.

El viento es una forma de energía solar; la acción - del sol y el movimiento de rotación terrestre dan lu gar a la presencia del viento en la tierra (fig.1). El viento es aire en movimiento, generado por las diferencias de presión y de temperatura atmosféricas, que son causadas por un calentamiento no uniforme de la superficie terrestre, ya que mientras el sol calienta el aire, agua y tierra de un lado de la Tierra, el otro lado es enfriado por la radiación nocturna hacia el espacio.

Este desigual calentamiento de la atmósfera, origina movimientos de aire compensatorios que tienden a reducir la diferencia horizontal de temperatura (en función de la latitud), por lo tanto en las regiones ecuatoriales la superficie de la tierra recibe más energía solar que la que irradia de regreso al espacio, y por ello actúa como una fuente de calor para el aire de estas regiones. Por el contrario, en las regiones polares la superficie de la tierra irradia más energía hacia el espacio que la que recibe del sol.

CASO HIPOTETICO DEL FLUJO DEL VIENTO.

Si suponemos un caso hipotético donde la superficie de la tierra fuera uniforme, que la tierra no rotara



El movimiento de rotación terrestre se lleva a cabo de oeste a este.
Fig. 1

y que el calentamiento alrededor del ecuador también fuera uniforme, el aire calentado en el ecuador subiría hasta cerca de la tropopausa a un nivel de la misma densidad de aire y se esparciría hacia el norte y el sur moviéndose hacia los polos. En las regiones polares descendería y empezaría a moverse superficialmente de regreso al ecuador.

En este caso hipotético (fig. 2) la transferencia de calor tendría lugar por una simple circulación convectiva y en la superficie de la tierra habría permanentemente zonas de baja presión alrededor del ecuador y zonas de alta presión en cada polo.

Pero como la tierra sí rota y el sol es la única fuente de energía, este simple patrón convectivo no puede existir.

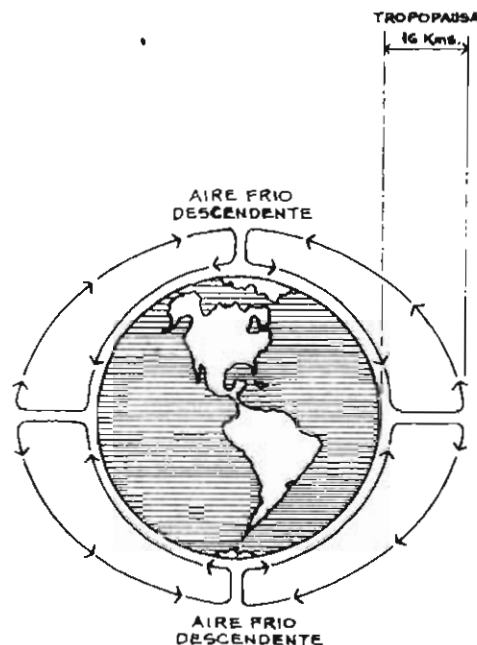
CASO DE LA ACCIÓN REAL DEL VIENTO.

Los patrones reales de circulación son el resultado de:

Un desigual calentamiento combinado con el efecto de rotación de la tierra y

La desigual distribución de calor debido a

La desigual distribución de las áreas de mar y tierra.



Sistema hipotético de circulación atmosférica en un planeta sin rotación.
Fig. 2

EFECTO CORIOLIS.

Los patrones de circulación de aire se ven afectados por la rotación de la tierra; ésto se debe al efecto "coriolis" el cual causará una deflexión al flujo de aire. La dirección de este efecto de deflexión está definida por la ley de Ferrel: ⁽¹⁾

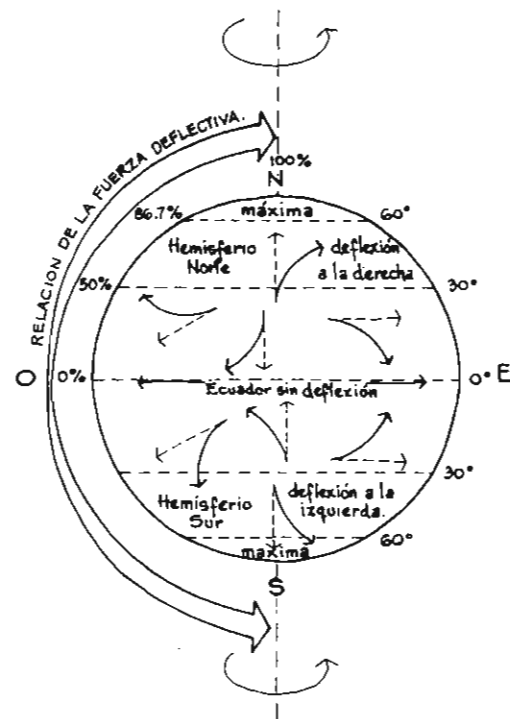
"Cualquier objeto o fluido moviéndose horizontalmente en el hemisferio norte tiende a ser deflectado a la derecha de su patrón de movimiento, mientras en el hemisferio sur la deflexión será a la izquierda; este efecto está ausente en el ecuador y se incrementa en los polos".

Las direcciones de estas deflexiones se deben a que la tierra rota de Oeste a Este (fig. 3).

Por lo tanto, en el Hemisferio Norte, un viento proveniente del Sur, moviéndose hacia el Norte, sufrirá una deflexión hacia la derecha convirtiéndose en un viento del Suroeste (ú Oeste).

Así mismo un viento del Norte se transformará en un viento Noreste (o Este).

(convencionalmente la dirección del viento expresa - de dónde viene y no hacia dónde va).



-----> viento en su manifestación inicial.
-> viento en su manifestación posterior.

Efecto Coriolis debido a la rotación de la Tierra.

Fig. 3

Así, el aire superior proveniente del ecuador con rumbo al Norte se convertirá en un viento entre Suroeste-Oeste, por lo que el movimiento hacia el Norte disminuye y el aire se acumula cerca de la latitud 30°N , además de perder calor considerablemente por radiación.

A causa de este acumulamiento y pérdida de temperatura el aire desciende produciendo en la superficie una zona de presión alta (fig. 4).

Este aire descendente regresa al ecuador superficialmente pero ahora con dirección Noreste debido al --- efecto Coriolis ("vientos alisios").

El aire alto que se mueve hacia el Norte continúa -- perdiendo calor, descende en las zonas polares abandonando todo su calor restante hacia la superficie y fluye hacia el Sur, convirtiéndose en los vientos polares del Este, de las latitudes altas.

Este aire frío, que se desplaza gradualmente hacia el Sur, choca contra el flujo de aire tropical que va hacia el Norte. Este punto es llamado zona de --- frente polar, las masas de aire polar y tropical tienen diferente densidad y por ello se resisten a mezclarse, el aire tropical por ser más ligero circula

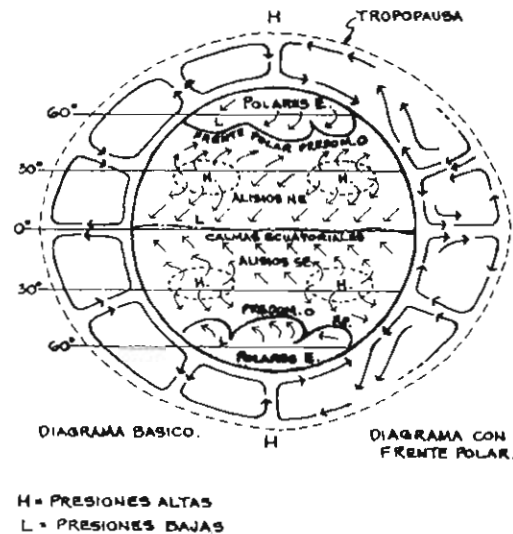


Diagrama esquemático del sistema real de circulación atmosférica (vientos generales).
Fig. 4

sobre el aire polar denso. Esto ocurre entre las latitudes 50° y 55° N.

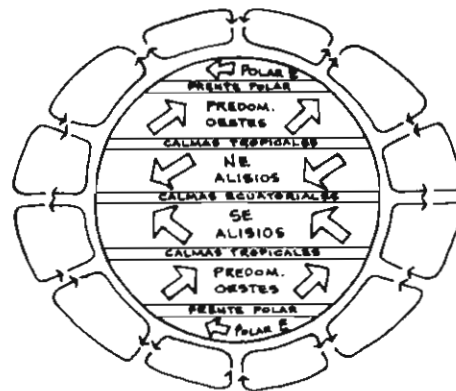
Este sistema de circulación primaria resulta en la formación de varios patrones de circulación regional o "cinturones de viento"⁽²⁾ Estos son: (fig. 5)

- Calmas ecuatoriales.
- Vientos alisios,
- Calmas tropicales,
- Predominantes del Oeste,
- Zona de frente polar, y
- Predominantes del este polar

Las corrientes ascendentes cálidas y húmedas de la región ecuatorial son conocidas como calmas ecuatoriales. Esta es una región de ligeros vientos superficiales, considerable nubosidad y actividad extendida de lluvias.

Cerca de la latitud 30° N se encuentra la región de descenso de aire y por ello es una zona de presión alta que se conoce con el nombre de calmas tropicales. La presión alta atmosférica usualmente aumenta sobre los océanos.

Las zonas de alta presión se caracterizan por sus vientos débiles variables, poca nubosidad y poca llu



Patrones generales de la circulación del viento.
Fig.5

vía.

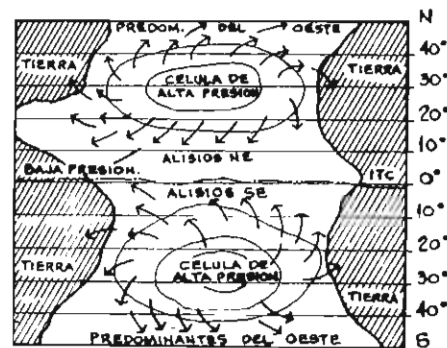
Entre las latitudes de calmas ecuatoriales y las calmas tropicales se encuentra el cinturón de vientos alisios de dirección Noreste en el Hemisferio Norte y Sureste en el Hemisferio Sur.

El cinturón de vientos del Oeste se extiende entre las latitudes 30°N y 55°N mientras que más al norte encontramos los vientos polares del Este.

La zona del frente polar, entre los predominantes del Oeste y los polares del Este, es una zona tormentosa con mucha nubosidad y precipitación.

La simple circulación primaria descrita anteriormente da como resultado una zona de baja presión alrededor de la tierra en la Región Ecuatorial, una zona de presión alta sobre la latitud 30°N , una zona de presión baja sobre el frente polar, y una zona de presión alta en las regiones polares. (fig. 5)

Pero si estudiamos la distribución de presiones, encontraremos que en realidad no son bandas enteramente uniformes sino que son puntos de presiones bajas o altas alrededor de una región (fig. 6)



ITC = zona intertropical de convergencia.
Celulas de alta presión.

Fig. 6

Algunos de ellos son relativamente fijos y permanentes pero otros son migratorios.

GRADIENTE DE PRESION.

El viento siempre se mueve en respuesta a las diferencias de presión; en este movimiento la velocidad y dirección están gobernadas por una combinación de fuerzas:

Fuerza de gradiente de presión: que causa que el aire siempre se mueva de una presión alta a una presión baja.

Fuerza coriolis: que causa una deflexión hacia la derecha en el hemisferio norte y a la izquierda en el hemisferio sur, debido a la rotación terrestre.

Fuerza centrífuga: el aire se mueve en un patrón curvo.

Fuerza de fricción: oposición a todo movimiento de aire cerca de la superficie de la tierra.

El aire con un patrón recto en los niveles altos de la atmósfera, donde es inapreciable el efecto de fricción con la tierra, sólo se ve afectado por dos fuer

zas, el gradiente de presión y el efecto coriolis.

FUERZA CENTRIFUGA.

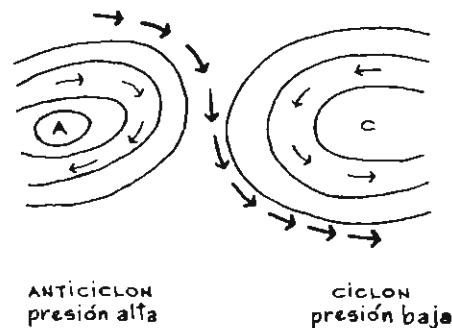
En el hemisferio norte, la dirección del flujo de -- aire es en sentido de las manecillas del reloj en -- las zonas de alta presión (anticiclón) y en sentido inverso en las regiones de baja presión (ciclón).

Debido a esta fuerza centrífuga la corriente de aire pasa de las zonas de presión alta a las presiones bajas desplazándose en forma curva (fig. 7).

FUERZA DE FRICCIÓN.

El efecto de fricción retarda el movimiento de las co-- rrientes de aire, por lo tanto la fricción es una -- fuerza que actúa en sentido opuesto al flujo de aire.

La capa de aire que es afectada por la fricción, va-- ría en altura dependiendo directamente de la rugosi-- dad de la superficie y de la inestabilidad atmosféri-- ca; pero generalmente en alturas superiores a 600 me-- tros, sobre la superficie, el efecto de fricción es inapreciable.



ANTICICLON
presión alta

CICLON
presión baja

Fig. 7

VIENTOS LOCALES.

TURBULENCIA.

El viento es aire en movimiento en relación con la superficie de la tierra. Sus principales características son:

- . Dirección
- . Velocidad
- . Frecuencia
- . Turbulencia.

La dirección, velocidad y frecuencia, usualmente son medidas expresadas cuantitativamente, mientras que la turbulencia se expresa en términos cualitativos o relativos.

Turbulencia Mecánica y Térmica:

La fricción superficial produce turbulencia mecánica ⁽³⁾
en las corrientes de aire, y está determinada --
por:

- La rugosidad de las superficies.
- La velocidad del viento.

La turbulencia térmica ⁽³⁾ está asociada con la inestabilidad y actividad convectiva y es similar a la turbulencia mecánica en sus efectos en el viento superficial, pero se extiende a mayor altura en la ---

atmósfera y se produce por el calentamiento superficial.

La turbulencia térmica se incrementa con la intensidad de calentamiento superficial y el grado de inestabilidad atmosférica.

La turbulencia térmica muestra cambios durante el día, siendo más pronunciada en la tarde, cuando las superficies alcanzan su máximo calentamiento y el aire superficial es inestable y siendo mínima durante la noche y madrugada cuando el aire es más estable y la temperatura más baja.

La turbulencia mecánica y térmica frecuentemente ocurren juntas y cada una incrementa los efectos de la otra.

La turbulencia térmica, inducida por la combinación de la convección y los vientos horizontales, es el principal mecanismo por el cual la energía calorífica es intercambiada entre la superficie y el viento superior.

La formación de remolinos es una característica común tanto de la turbulencia mecánica como térmica.

Cada objeto sólido dentro del patrón del viento, --

crea remolinos a los lados de sotavento, (zona contra
ria a donde incide directamente el viento) o zona de
baja presión. El tamaño, fuerza y movimiento de los
remolinos son determinados por:

- . La velocidad
- . Dirección del viento
- . La estabilidad
- . Inestabilidad de la atmósfera baja
- . La forma y el tamaño del objeto.

Pero principalmente por estos últimos factores. {fig.8}

LONGITUD DE LA SOMBRA DEL VIENTO, EN FUNCIÓN DE LA ALTURA,
LARGO, ANCHO Y FORMA DEL EDIFICIO. (4) FIG. 8.

ANCHO (W)	ALTO (H)	INCLINA- CIÓN DEL TECHO	LARGO DEL EDIFICIO (L)					DIRECCIÓN DEL VIENTO →
			2A	4A	8A	16A	24A	
A	A	0°	2 1/2	3 3/4	5 1/4	8	8 3/4	
2A	A	0°	2	2 3/4	3 3/4	6	7	
3A	A	0°	2 1/4	3 1/4	4 1/2	5 3/4	5 1/2	
A	2A	0°	5 1/4	8 1/4	11 3/4	16 1/4	18	
A	3A	0°	6 3/4	11 1/2	16 1/2	18 3/4	20 3/4	
2A	2A	45°	2 3/4	5 1/4	9 1/4	13 1/4	15	
2A	1.6A	30°	3	4	6 3/4	10	13	
2A	1.5A	15°	3	5 1/4	8 1/4	11 1/2	14 1/2	
2A	1.5A	15°	2 1/2	4 1/2	6 1/2	11	13 3/4	
FORMA DEL EDIFICIO			LARGO DE LA SOMBRA DEL VIENTO (x H)					SECCION

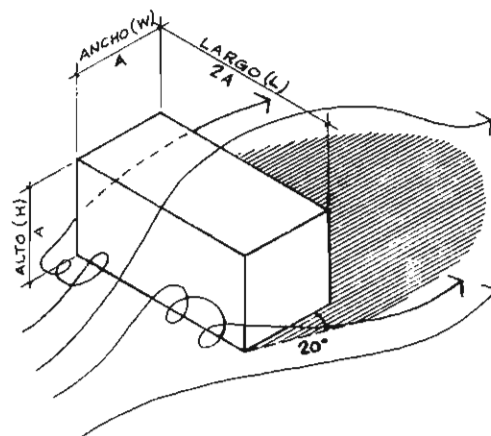


Fig. 8

Ejemplo de aplicación de la tabla de sombra de viento (fig. 9).

1. Al pegar el viento contra la cara (de barlovento) de un edificio, se crea una zona de alta presión o presión positiva.
2. Al escapar el viento hacia arriba, se crea una zona de baja presión sobre el techo o presión negativa.
3. Esta zona de baja presión se extiende detrás del edificio yjala al flujo de aire de regreso hacia el suelo (sotavento).
4. Una distribución de presión y flujo similares se encuentran en planta.
5. Las dimensiones de un edificio propuesto pueden ser usadas encontrando una forma de proporciones similares en la tabla.

En este caso: $A = 3$, ancho = $2A$, alto (H) = $1.6A$, inclinación del techo = 30° , y largo del edificio = $4A$.

6. En la tabla encontramos que la longitud de la sombra del viento es de cuatro veces la altura del edificio, $4 \times 5 = 20$ metros.
- El área rayada indica la configuración aproximada del área en la cual el movimiento del aire será turbulento e inadecuado. La línea discontinua mues

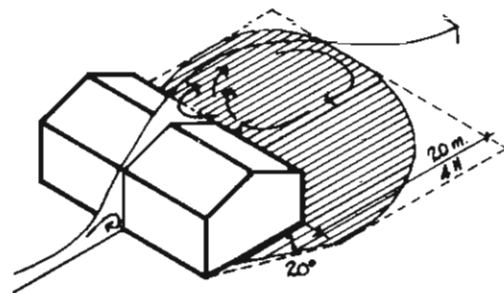
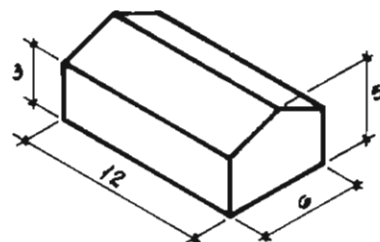


Fig. 9

2894709

142813

tra el límite dentro del cual no es recomendado localizar otros edificios que requieran ventilación cruzada. Lo anterior resulta significativo para el análisis del acceso necesario -- del flujo del viento al considerar edificaciones formando conjuntos (análisis urbano) para lograr el óptimo e integral aprovechamiento -- del viento en la arquitectura y el urbanismo.

EFFECTOS DE LA TOPOGRAFIA.

Las montañas presentan el máximo grado de rugosidad superficial y por lo tanto originan el máximo grado de fricción al flujo de aire superficial.

Las montañas y sus valles originan un importante -- cambio en la dirección y velocidad de los vientos, ya que la corriente de aire es canalizada por la topografía a través de las depresiones principales.

La vegetación tiene efectos similares pero a menor escala. Estos efectos locales mecánicos son:

- . Velocidad
- . Dirección
- . Turbulencia.

Además de los efectos mecánicos, una fuerte actividad convectiva, en áreas montañosas, afectará a los vientos generales.

La corriente de aire, cruzando una loma, es influenciada por la pendiente de dicha loma y por la velocidad y dirección del viento.

En colinas redondas de poca pendiente la turbulencia mecánica del viento será mínima y en vientos débiles

o moderados puede no haberla. (fig. 10)

Por el contrario, grandes patrones de remolinos son típicos en el lado de sotavento de los riscos o bordes de cañones, incluso un viento de pendiente ascendente puede observarse en la superficie del lado de sotavento. (fig. 11)

Después de pasar a través de depresiones montañosas, el viento muestra dos tipos de remolinos, moviéndose en el lado de sotavento.

Uno toma la forma de remolino horizontal rodando --- hacia abajo de la pendiente de sotavento, aunque el remolino principal puede ser estacionario.

El otro usualmente es un remolino vertical estacionario, en una de las áreas de resguardo, o en ambos lados de la depresión; algunos de estos remolinos también pueden moverse viento abajo.

Los vientos locales que son canalizados en cañones - montañosos, son casi siempre turbulentos, ya que el aire moviéndose dentro del cañón está en contacto -- con una máxima rugosidad.

Los lugares comunes de estos remolinos son los recodos y desembocaduras. (fig. 12)

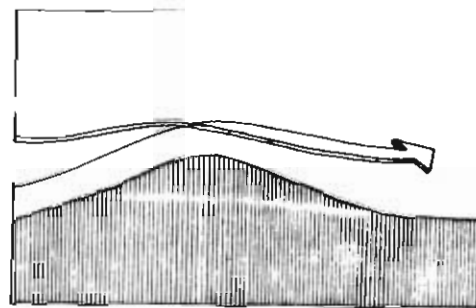


Fig. 10

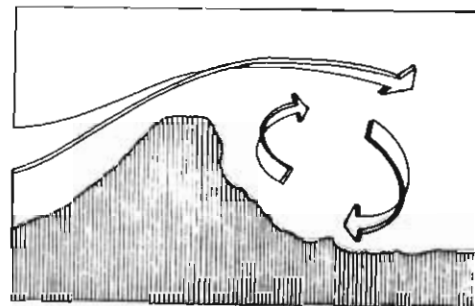


Fig. 11

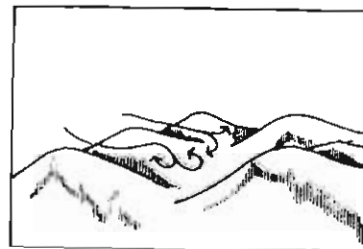


Fig. 12

VIENTO LAMINAR.

La velocidad del viento se incrementa dramáticamente con la altura.

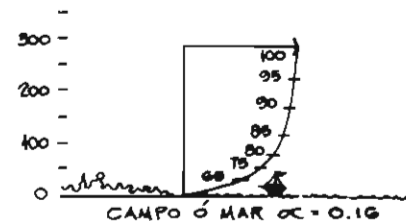
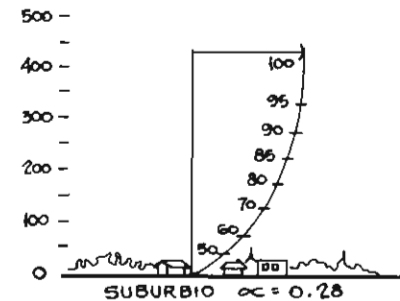
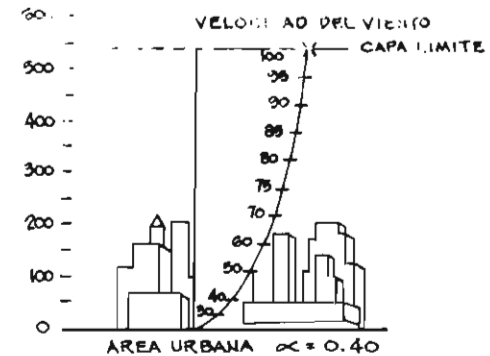
Esto se debe a la fricción que se origina entre las moléculas de aire más cercanas al suelo y las de las capas superiores de aire, ya que las primeras se des-
plazan más lentamente que las segundas, debido al --
grado de rugosidad de la superficie, el cual nos de-
termina el factor de fricción superficial.

La capa de aire que se ve afectada por este factor -
es conocida como "capa límite". Arriba de la capa lí-
mite el viento viaja sin perturbación ni turbulencia,
al 100% de su velocidad; por ejemplo, en un área ur-
bana con un coeficiente de fricción superficial de
 $\alpha = 0.40$, la capa límite alcanza una altura de 518
m. (15) (fig. 13).

En un área sub-urbana con un coeficiente de fricción
superficial de 0.28 la capa límite estará a 396 m. -
(fig. 14).

Y en un área despejada, lago o mar, la capa límite -
se encontrará a 274 m. con un coeficiente de $\alpha = 0.16$
(fig. 15).

Altura mts.



Perfiles de velocidad del viento sobre
diferentes terrenos.

VIENTOS CONVECTIVOS.

En ausencia de fuertes gradientes de presión, la circulación general de vientos es frecuentemente dominada por vientos resultantes de pequeñas escalas de -- gradientes de presión producidas por diferencias de temperatura dentro de la localidad.

El aire aligerado por el calentamiento de las superficies es forzado a subir, mientras que el aire que es enfriado tiende a hundirse, creándose de esta forma un pequeño sistema de circulación convectiva en -- el cual tanto el flujo vertical como el horizontal -- tienen la misma importancia; por lo tanto, los vientos convectivos se refieren a todos los vientos --- ascendentes, descendentes y horizontales que tienen su origen principal en las diferencias locales de -- temperatura. [3]

Los vientos convectivos pueden ser incrementados, modificados o eliminados por las corrientes de aire -- originadas por los grandes sistemas de presión. La -- influencia de estos vientos generales en los sistemas de viento convectivo varía dependiendo de la --- fuerza del viento general y su dirección con respecto a la circulación convectiva y a la estabilidad -- atmosférica de las capas inferiores.

La naturaleza y fuerza de los vientos convectivos depende de muchos otros factores, todos ellos relacionados con la temperatura, y en general de todos los rasgos del ambiente que afectan el calentamiento y enfriamiento; entre los más importantes están los cambios diarios y estacionales, nubosidad, naturaleza del terreno; como cuerpos de agua, vegetación, tipo de tierra, y la estructura de humedad y temperatura atmosférica.

Los principales sistemas convectivos son:

- . Las brisas de tierra y mar,
- . Los vientos de ladera, y
- . Los vientos de valle.

BRISAS DE TIERRA Y MAR.

Las brisas costeras son uno de los sistemas convectivos más notorios y significativos.

El mar es calentado más lentamente que la tierra -- adyacente, debido a que el agua tiene una gran capacidad calorífica, y así mismo, el mar se enfriará -- más lentamente que la tierra.

Estas diferencias de calentamiento y enfriamiento -- traen como consecuencia movimientos convectivos del aire.

Durante el día la superficie de la tierra empieza a calentarse más que la superficie de agua adyacente; el aire sobre la tierra se expande, se vuelve menos denso, su presión baja y por lo tanto empezará a le vitar creando una corriente ascendente.

Este aire caliente será reemplazado por la brisa de aire fresco del mar, debido a la diferencia de presión. (fig. 16)

En ausencia de fuertes vientos generales, el aire - caliente ascendente se enfría adiabáticamente y flu ye hacia el mar reemplazando al aire fresco que se movió hacia la tierra. De esta forma es completado el ciclo de circulación convectiva. La brisa marina empieza a media mañana, se intensifica durante el - día y termina con el atardecer, pero durante este - tiempo puede variar considerablemente debido a condiciones locales de nubosidad y vientos generales.

Este sistema convectivo empieza con una brisa en la costa; sin embargo durante el día empieza a empujar gradualmente más y más tierra adentro, registrándose la máxima penetración a la hora de máxima temperatura.

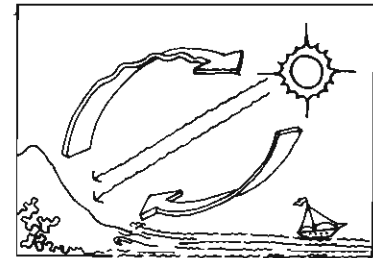


Fig. 16

Durante la noche el sistema se invierte, ya que la superficie de tierra se enfría más rápidamente que la superficie de agua. El aire que se encuentra sobre la tierra se enfría aumentando su densidad y su presión, mientras que el aire que se encuentra sobre el mar estará más caliente, menos denso y con menor presión. Estas diferencias del gradiente de presión harán que el aire fluya de la tierra hacia el mar. - (fig. 17)

Si los vientos generales son débiles, el aire más caliente del mar reemplazará al aire frío de la tierra completándose el ciclo de las brisas de tierra. Las brisas de tierra empiezan 2 o 3 horas después del -- atardecer y terminan poco después del amanecer.

Las brisas de tierra son más débiles que las brisas de mar, usualmente de 1.3 a 2.2 m/s.

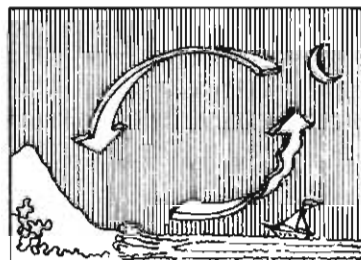


Fig. 17

Las brisas diarias de mar y tierra ocurren regularmente cuando no hay influencia significativa del -- flujo general de vientos. Cuando los vientos generales son lo suficientemente fuertes, las brisas marinas son usualmente neutralizadas (fig. 18)

Un viento general soplando hacia el mar, se opone - a la brisa marina, y si es lo suficientemente fuer-te, puede estorbar y retardarla. Dependiendo de la fuerza del viento este retraso puede extenderse hasta en la tarde, dando como resultado un amontonamien-to superior de aire marino fuera de la costa; -- (fig. 18).

Cuando la diferencia de presión local se vuelve más grande y fuerte que los vientos generales, este aire marino se moverá tierra adentro con las característi-cas de un "frente frío" de pequeña escala.

El aire posterior al frente es inicialmente frío y - húmedo pero se calienta rápidamente mientras se mue-ve sobre la tierra calentada por el sol (fig. 19)

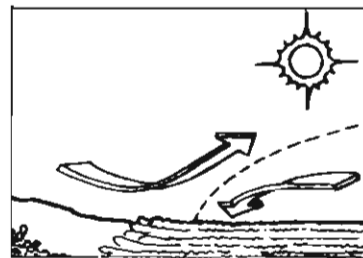


Fig. 18

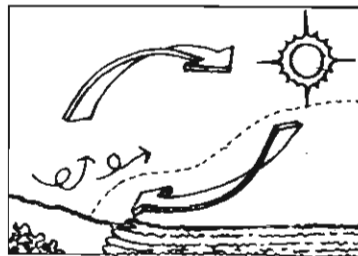


Fig. 19

Ante un fuerte viento general en dirección a la costa, la brisa de tierra no se formará.

Sin embargo, si el viento es suave, la brisa de tierra se deslizará por debajo de él sin extenderse muy lejos, mar adentro.

Un viento general paralelo a la costa tenderá a cubrir las verdaderas componentes de la brisa de mar y tierra.

Un viento general fuerte produce mezclado mecánico - que tiende a disminuir las diferencias de temperatura entre las superficies de la tierra y el mar; por lo tanto, la brisa marina será débil.

Los vientos generales a lo largo de una línea costera irregular puede oponerse a las brisas de mar y tierra en un sector y no contar en otro; a veces también un viento general cambiante puede causar inversiones periódicas de estos efectos en localidades cercanas y puede dar como resultado patrones de viento local altamente variables.

VIENTOS DE LADERA Y VALLE.

Los vientos en topografía montañosa son extremadamente complejos. Parte del tiempo, los vientos generales dominan la capa de aire superficial, pero cuando los sistemas de presión a gran escala se debilitan, los vientos generales disminuyen; entonces, en presencia de fuerte calentamiento diurno o enfriamiento nocturno, los vientos convectivos de origen local se convierten en factores importantes del clima montañoso.

Los vientos generales y convectivos pueden desplazarse, reforzarse u oponerse el uno al otro. La relación entre ellos puede cambiar rápidamente; la actividad convectiva puede dominar en un momento, y en otro, los vientos generales prevalecerán.

Las diferencias en el calentamiento de aire sobre las laderas de las montañas, centro de cañones, valles y planicies darán como resultado diferentes sistemas de viento pero todos están interrelacionados.

El común denominador es el flujo ascendente durante el día y el flujo descendente durante la noche.

VIENTOS DE LADERA.

Los vientos de ladera son producidos por el gradiente de presión local originado por la diferencia de temperatura entre el aire adyacente a la ladera y el aire a la misma altura pero alejado de la ladera.

Durante el día la superficie de la ladera es calentada por los rayos solares, el aire que esta en contacto con esta superficie aumenta su temperatura bajando su densidad y presión, formándose alrededor de la ladera un "tiro de chimenea" natural que abastece un camino de mínima resistencia al flujo ascendente de aire caliente (fig. 20)

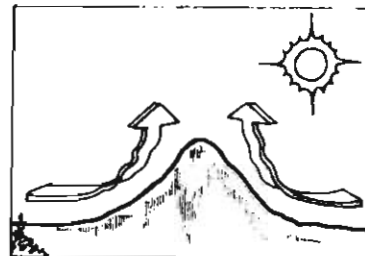


Fig. 20

Durante la noche el aire frío cerca de la superficie fluye ladera abajo como si fuera agua corriendo entre los drenes hechos por la topografía. La transición entre vientos ascendentes y descendentes empieza tan pronto como las laderas entran en la tarde -- sombreada y el enfriamiento de la superficie comienza (fig. 21)

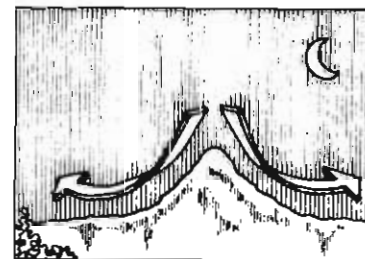


Fig. 21

Este periodo de transición empieza con la agonia del viento ascendente seguida de un periodo de relativa calma y posteriormente un suave flujo laminar descendente.

VIENTOS DE VALLE.

Los vientos de valle y de ladera no son independientes. Teóricamente tanto los vientos de ladera ascendentes como descendentes resultan en una circulación convectiva de valle.

Durante el día, el aire caliente que está fluyendo - ladera arriba es reemplazado por el aire frío acumulado en el centro del valle (fig. 22)

El sistema de circulación puede completarse si el -- flujo de aire ascendente, en las partes más altas de la ladera, se ha enfriado adiabáticamente lo suficiente para fluir sobre el valle y descender para reemplazar al aire inferior.

Por lo tanto, durante días de fuerte calentamiento, - la circulación convectiva "cruzada" de valle puede no presentarse.

Durante la noche el sistema se invierte, el aire enfriado a lo largo de la ladera fluye hacia abajo siendo reemplazado por el aire superior del centro del valle (fig. 23)

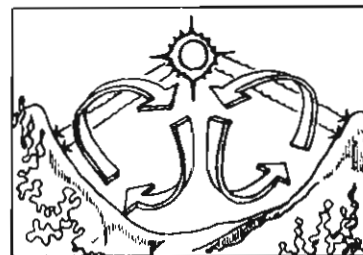


Fig.22



Fig.23

VIENTOS DE VALLE Y PLANICIE.

Los vientos de valle son vientos diarios que fluyen hacia arriba del valle en el día y hacia abajo del valle en la noche y son resultado de los gradientes de presión locales, causados por las diferencias de temperatura entre el aire del interior del valle y el aire de la misma altura sobre la planicie adyacente.

Durante el día el aire del valle se calienta más que el de la planicie; algunas razones de este mayor calentamiento es que el aire del valle tiene un menor volumen que el aire de la planicie, este menor volumen es calentado por el contacto que tiene con las laderas y además es protegido por las montañas y cerros circundantes de los vientos generales. De esta forma se establece una diferencia de presiones que originarán un flujo de aire de la planicie hacia el valle.

Durante la noche, el sistema se invierte.

PLANICTES.

Superficies sobrecalentadas producen gran variedad y complejidad de sistemas de vientos convectivos.

Generalmente en terrenos planos, el aire sobrecalentado sobre la superficie tiende a permanecer en capas estancadas, debido a su inercia, hasta que alcanza un punto crítico de inestabilidad o hasta que es liberado por un "disparador" mecánico.

El aire liberado usualmente toma la forma de burbujas intermitentes que se revientan y son forzadas a subir por el aire más denso circundante. (fig. 24)

Mientras estas burbujas ascienden, aumentan de tamaño debido a la expansión y al mezclado con el aire circundante.

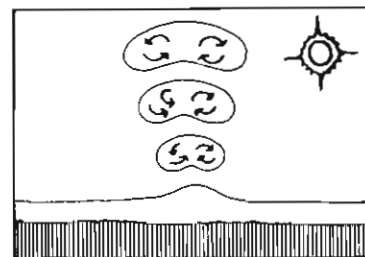


Fig. 24

REMOLINOS.

Los remolinos son uno de los indicadores más comunes del intenso calentamiento local. Ellos ocurren en días claros y calientes sobre terrenos secos y con vientos generales débiles.

Los remolinos se forman cuando hay suficiente inestabilidad en estratos cercanos a la tierra sobrecalentada.

La energía latente puede ser liberada por algún mecanismo o disparador, como pudiera ser alguna obstrucción, colina, etc. Una vez liberada la energía, la convección es establecida y el aire de la capa caliente es arrastrado dentro del remolino (fig. 25)

La vegetación sobre cualquier superficie, ya sea ladera, valle o planicie, tendrá un efecto determinante en los vientos convectivos, ya que habrá mayor calentamiento en superficies áridas que en superficies cubiertas de vegetación.

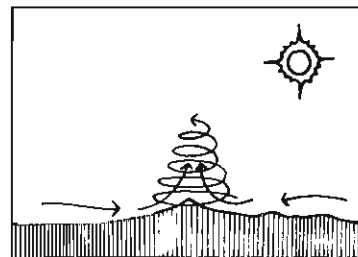


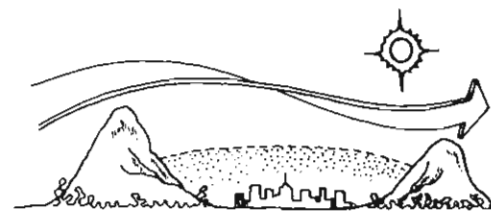
Fig.25



2894709

VIENTOS URBANOS.

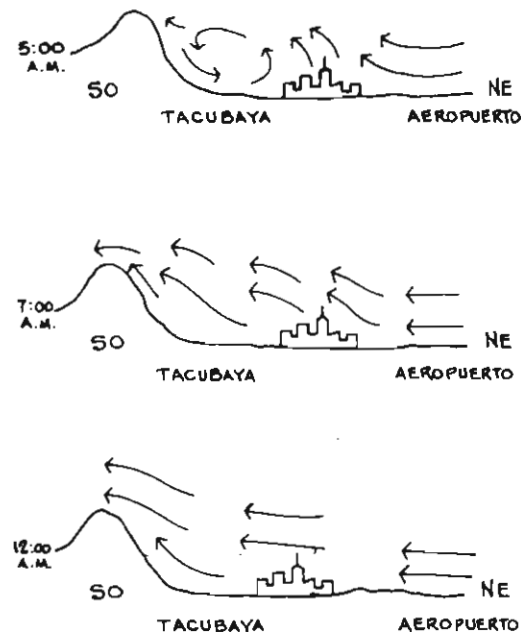
Otro ejemplo de modificación de las corrientes generales de aire por condiciones de aire locales y convectivos se da a nivel urbano, en donde se presentan adicionales complicaciones de dirección, velocidad y turbulencia en los movimientos de aire, -originadas - por factores tales como: morfología, tamaño y textura de las superficies, orientación y materiales expuestos a la radiación solar, actividad y densidad de edificios y personas, e incluso los niveles de contaminación, ya que se puede producir el efecto de "domo térmico" causado por el sobrecalentamiento del aire debido a las partículas en suspensión, originando cambios importantes en los patrones del flujo del aire⁽⁶⁾ (fig. 26).



Domo Térmico.

Fig. 26

Con la formación del "domo térmico", se crea un nocivo "efecto invernadero", que en ocasiones se prolonga demasiado, alterando drásticamente las condiciones climatológicas del lugar, poniendo en peligro la vida de las personas que ahí habiten; debido a la localización de partículas altamente contaminantes a nivel de las vías respiratorias. Además, se ha determinado en estudios realizados que la temperatura promedio anual de un lugar bajo tales condiciones ambientales, se incrementa de 3 a 3.5°C, con las consecuencias negativas que ello ocasiona al hombre. Un ejemplo de lo antes mencionado lo tenemos en la Ciudad de México. (fig. 27).



Sección Transversal de la ciudad de México indicando el flujo de aire producido por la capa de inversión y la isla de calor.

Fig. 27

CAPITULO II VEGETACION Y VIENTO

VEGETACIÓN.

El mundo en que vivimos está formado por un gran ecosistema, en el cual, la VEGETACIÓN es uno de los factores determinantes del equilibrio climático y ecológico; de hecho sin ella las probabilidades de vida serían escasas. La vegetación con todas sus funciones es de vital importancia para el hombre; sin embargo, en la actualidad, parecemos olvidar los enormes beneficios que ella nos aporta.

La irracional explotación que hacemos de los recursos vegetales nos está conduciendo hacia una gradual desforestación con la consecuente erosión del suelo y graves alteraciones climáticas.

Tenemos la idea de que la naturaleza es estable; sin embargo, el ecosistema de nuestro planeta es muy frágil. La contaminación a todos los niveles: del

- . Aire
- . Agua
- . Suelo
- . Acústica
- . Lumínica
- . Magnética, etc.

aunada con la desenfrenada explotación de los recursos naturales en general, nos está llevando hacia un

desequilibrio ecológico irreversible.

Ninguno de nosotros quisiéramos llegar a conocer el límite de tolerancia de la naturaleza

USOS DE LA VEGETACION.

Ante los problemas energéticos y ecológicos que enfrentamos en la actualidad no debemos olvidar los beneficios que nos proporcionan las plantas. Ellas pueden ayudarnos a solucionar problemas concretos; algunos de ellos son:

- . La contaminación del aire obstruye el paso del sol y altera las condiciones climáticas.
- . Las variaciones de temperatura en los desiertos urbanos convierten a las calles demasiado calientes, demasiado frías o con mucho viento.
- . La erosión del suelo y la contaminación de ríos por el deslave.
- . Deterioro de la tierra debido a los cultivos intensivos e inadecuado aprovechamiento agrícola.
- . Con la desforestación de los bosques y la inadecuada utilización del suelo según su aptitud se está diluyendo la capa productiva del terreno.

- . La contaminación acústica afecta a nuestros oídos.
- . La contaminación visual, el deslumbramiento y reflejo de cristales, metales y materiales urbanos afectan a nuestra vista.
- . Las vastas áreas urbanas impersonales deshumanizan, etc.

Aprovechando todas las funciones de las plantas podemos solucionar estos problemas. Los usos de las plantas los podemos clasificar de la siguiente manera (1):

USOS ARQUITECTONICOS:

- . Control de privacidad.
- . Articulación del espacio.
- . Manejo de visuales.

USOS INGENIERILES:

- . Acondicionamiento y purificación del aire.
- . Control de la erosión
- . Control acústico
- . Control lumínico
- . Control del tráfico.

USOS CLIMATICOS:

- . Control solar (térmico)

- . Control del viento.
- . Control de humedad y lluvia (higrométrico)

USOS ESTETICOS:

- . Barreras visuales
- . Integración estética arquitectónica
- . Humanización del espacio
- . Atracción y protección de la fauna
- . Escultura y decoración

OTROS USOS:

- . Conservación y utilización de materiales orgánicos (como energéticos y materiales constructivos)
- . Provisión de alimentos para animales.
- . Provisión de alimentos humanos.

Debido al enfoque del presente texto se mencionarán únicamente aquellas funciones relacionadas con el - AIRE y el VIENTO.

CALIDAD DEL AIRE.

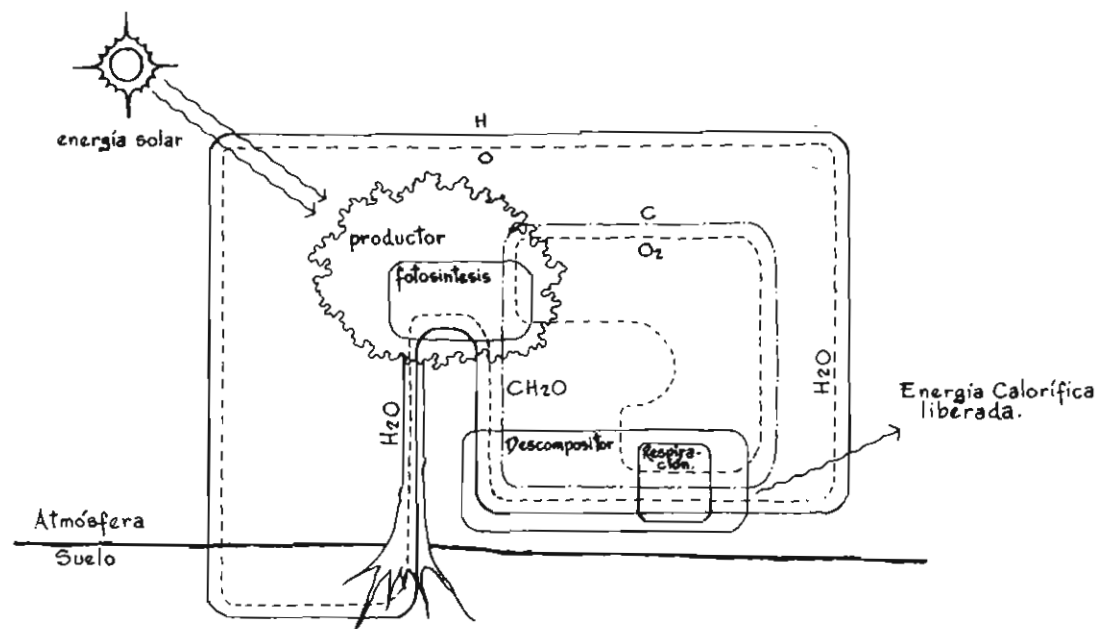
ACONDICIONAMIENTO Y PURIFICACION.

En cualquier estudio de ventilación deben considerar se tanto las características cuantitativas como las cualitativas del aire y del viento ya que es de vi--tal importancia evaluar la calidad del aire que in--roducimos a los espacios habitables.

La VEGETACION es el sistema respiratorio del planeta; remueve el dióxido de carbono y otros contaminantes del aire y regenera el oxígeno de la atmósfera, reestablece los niveles de humedad y atrapa el polvo del ambiente.

Las plantas limpian el aire a través del proceso de la fotosíntesis, con la presencia de la luz solar, - el dióxido de carbono (CO_2) es extraído del aire, al mismo tiempo se producen carbohidratos (CH_2O) y oxígeno (O), el cual es liberado a la atmósfera (fig.28)

El oxígeno es vital para todos los animales incluyendo al hombre, de la misma forma el dióxido de carbono es vital para las plantas.



— = H (hidrógeno)
 - - - = O (oxígeno)
 - · - = C (carbono).
 Ciclo de la fotosíntesis ⁽²⁾
 Fig. 28

La purificación del aire se lleva a cabo a través de varios procesos:

OXIGENACIÓN:

El grado de aire contaminado que acepta normalmente el hombre es de 1 parte de gases contaminantes por 3000 partes de aire puro, es decir, una concentración aprox. del 0.03% de CO_2 , sin embargo en zonas urbanas es frecuente encontrar cifras tan elevadas como de 0.07 y 0.1%; por encima de esta última cifra se empiezan a presentar trastornos fisiológicos y de terioro considerable de la salud.

Las plantas reestablecen el balance de oxígeno absorbiendo el CO_2 del aire. Otros gases contaminantes -- también pueden ser asimilados por las hojas (fig. 29)

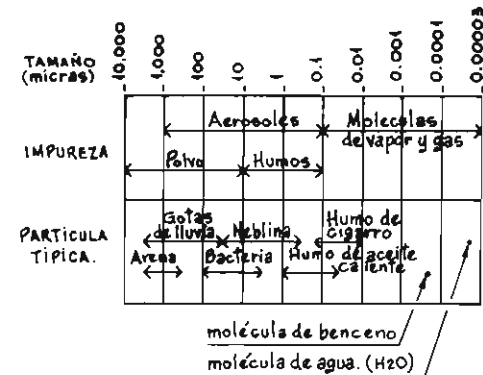
DILUCION:

La dilución del aire consiste en el mezclado de aire fresco y limpio (puro) con aire contaminado.

El aire contaminado al pasar a través de la vegetación, se mezcla con aire puro de tal forma que se diluye dando como resultado un aire enriquecido con oxígeno (fig. 30)

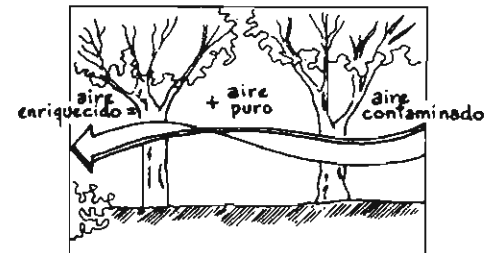
PRECIPITACION Y FILTRACION:

Las plantas a través de sus troncos, ramas, hojas y



Tipo y tamaño de algunos contaminantes (en comparación con el agua).

Fig. 29



Dilución

Fig. 30

sus vellosidades son capaces de atraer a las partículas contaminantes suspendidas en el aire que tengan carga eléctrica opuesta. El polvo y partículas atrapadas son posteriormente lavadas por la lluvia y llevadas hacia el suelo.

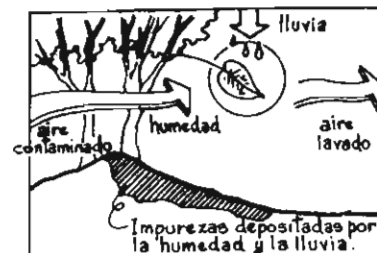
AIRE LAVADO:

Las plantas transpiran una cantidad considerable de agua. Un árbol de Haya pierde de 280 a 375 litros - de agua en un día de verano, mientras que un huerto maduro puede transpirar hasta 600 toneladas de agua por cada 4000 m² en un día.

Esta alta humedad alrededor del árbol origina un -- proceso de "goteo" sobre las hojas; de esta forma -- el aire que pasa por el árbol es lavado y las partículas contaminantes arrastradas hacia el suelo. La humedad en suspensión alrededor de las plantas incrementa el contenido de agua en el aire y asienta los contaminantes del viento (fig. 31).

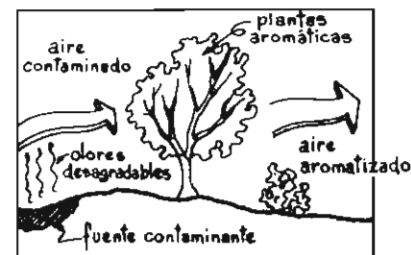
OLORES:

Plantas aromáticas pueden plantarse como barreras -- ante una fuente contaminante para encubrir los olores desagradables; muchos de estos olores pueden -- ser absorbidos y metabolizados directamente por la planta, dando como resultado un aire fresco de aroma agradable (fig. 32).



Aire lavado.

Fig.31

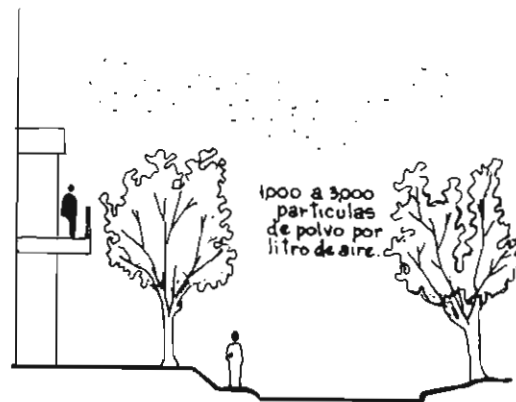


Olores.

Fig.32

Las plantas juegan un papel muy importante en la purificación del aire, tanto de gases como de partículas contaminantes. Ellas deben ser plantadas en las zonas de mayor "influencia" para lograr un mejor resultado. Por ejemplo, en una calle arbolada podrán encontrarse de 1000 a 3000 partículas de polvo por unidad de aire, mientras que en una calle sin árboles las partículas en suspensión pueden llegar a -- 10,000 o 12,000 (fig. 33)

La efectividad de la vegetación para el acondicionamiento y purificación del aire es sorprendente.



1000 a 3000
partículas
de polvo por
litro de aire.

Calle con árboles.



10,000 a 12,000
partículas de polvo
por litro de aire.

Calle sin árboles.

Fig.33.

C O N T R O L D E L V I E N T O .

EFFECTOS DE LA VEGETACION EN LOS VIENTOS LOCALES.

La vegetación forma parte de la rugosidad, y por lo tanto, de la "fricción superficial", la cual determina el flujo del viento cerca de la superficie de la tierra.

Las áreas forestadas o áreas verdes son característicamente superficies rugosas y por lo tanto contribuyen a la formación de turbulencia mecánica en el aire, pero también disminuyen la turbulencia térmica.

Conociendo los efectos de la vegetación sobre el viento, éstos pueden ser utilizados para controlarlo. Existen cuatro formas básicas para controlar al viento, dentro de las cuales la vegetación tiene gran eficiencia:

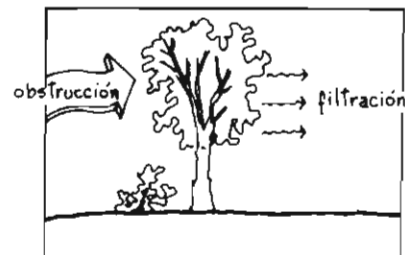
- . Obstrucción
- . Filtración
- . Deflexión
- . Canalización

La obstrucción de los árboles reduce considerablemente la velocidad del viento incrementando la resistencia al flujo, mientras que la filtración reduce en menor medida la velocidad del viento, dosificando el

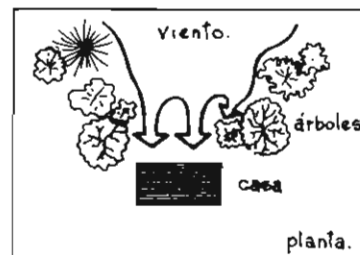
paso del flujo (fig. 34).

A través de la deflexión del viento podemos evitarlo o canalizarlo hacia las zonas habitables donde se requiera (fig. 35)

(La utilización de la vegetación para inducir el flujo de aire dentro de los espacios arquitectónicos -- será ampliada en el siguiente capítulo VENTILACION - NATURAL Y SU OPTIMO APROVECHAMIENTO EN LA ARQUITECTURA en el tema vegetación y diseño).



Obstrucción y Filtración
Fig.34



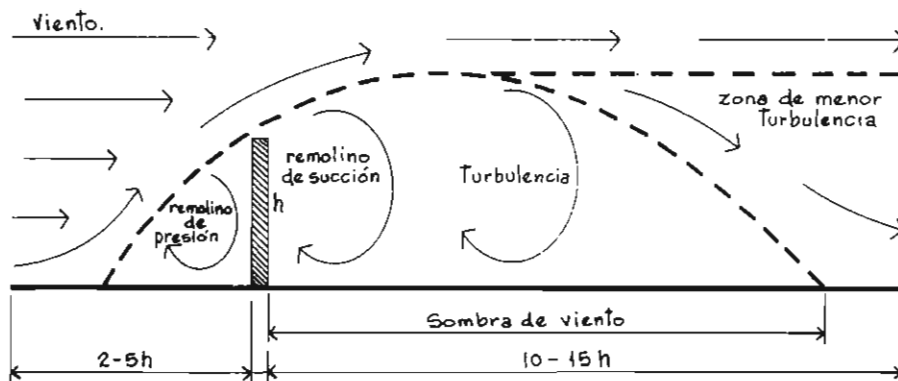
Deflexión y Canalización
Fig.35

PROTECCION CONTRA EL VIENTO.

El grado de protección que brinda una barrera depende, por un lado, de las características del viento; en primer lugar de su DIRECCION, ya que las barreras son más efectivas cuando se localizan perpendicularmente a los vientos dominantes. En segundo lugar, de su VELOCIDAD, ya que, por ejemplo, en vientos de velocidades bajas, una zona boscosa puede tener sólo pequeños efectos en la disminución de esta velocidad; un viento de 1.8 m/s de velocidad libre puede ser reducido a 1.1 m/s al entrar en una zona boscosa a la misma altura, pero un viento de mayor velocidad libre será detenido por la forestación en una mayor proporción; un viento de 8.9 m/s puede ser reducido a 1.8 o 2.2 m/s. (estos datos fueron obtenidos en mediciones hechas en un bosque de pinos de regular desarrollo de 24 m. de altura). (3)

Pero el grado de protección depende principalmente - de las características de la barrera: (fig. 36)

- . Altura
- . Ancho
- . Largo
- . Densidad o penetrabilidad
- . Forma



h = Altura de la barrera.

Efectos de una barrera sólida.

Fig.36

ALTURA DE LA BARRERA.

El grado de protección contra el viento depende grandemente de la altura de la barrera. Entre mayor altura, mayor será la protección. Generalmente la sombra de viento se extiende hasta 20 ó 25 veces la altura de la barrera y se obtiene la mayor protección o reducción de la velocidad del viento a una distancia - de 5 veces la altura.

ANCHO DE LA BARRERA.

Si incrementamos el ancho y la densidad de una zona boscosa, disminuirá efectivamente la velocidad del -- viento y la protección dentro de la arboleda será mayor (de hecho el mejor resguardo contra el viento se logra en el interior del bosque); particularmente -- grandes áreas arboladas tienen un marcado efecto en el flujo del viento, mediciones hechas en verano ⁽³⁾ en densas áreas forestadas indican que a 30 metros - dentro de la arboleda la velocidad del viento puede ser reducida en un 20 a 40%; a 60 metros puede ser - reducida en un 50%; y a 120 metros puede reducirse - hasta en un 93% (desde luego para estos datos son muchas las variables que intervienen; como son: tipo y especie de árboles y matorrales, densidad, tamaño y distribución de los mismos, etc.) ⁽⁴⁾

Sin embargo, al aumentar el ancho, y con ello la densidad de una zona boscosa, la "sombra del viento" -

en el lado de sotavento disminuirá, es decir, que la protección en las afueras del bosque será menor.

Contrariamente la sombra del viento será mayor si la barrera la constituye tan sólo una hilera de árboles. Esto se debe a que la densidad de una barrera afecta directamente la longitud de la sombra del viento. (fig. 37).

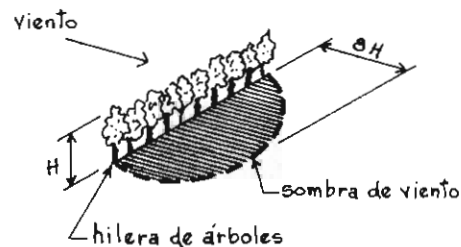
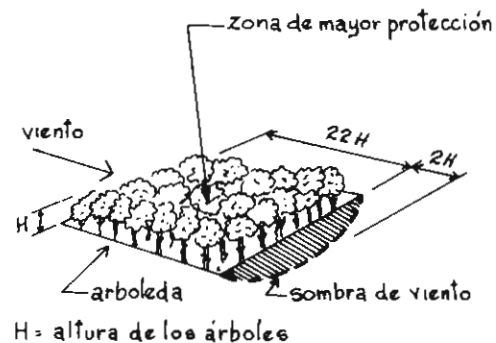


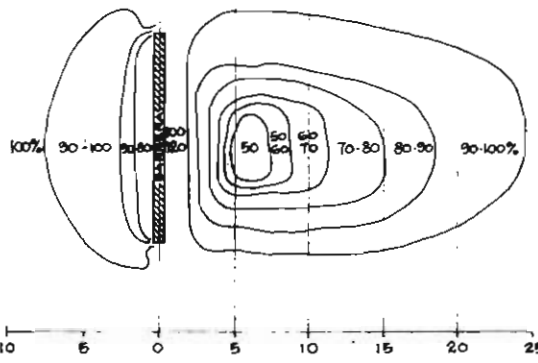
Fig.37

LONGITUD DE LA BARRERA.

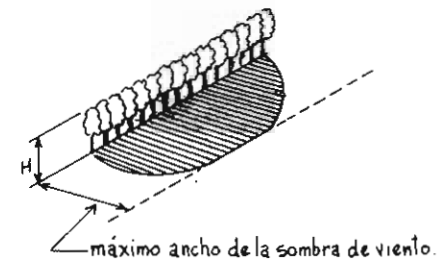
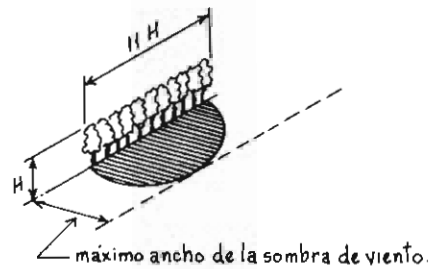
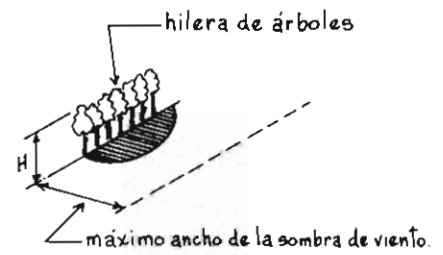
Al incrementar la longitud de una hilera de árboles se incrementará el ancho de la sombra de viento solo hasta un límite, generalmente con una longitud de 11 a 12 veces la altura de la barrera, después de este límite la sombra aumentará en su longitud manteniendo su ancho máximo constante ⁽⁵⁾ (fig. 38)

Cuando una barrera es formada por árboles, la velocidad del viento se incrementa ligeramente bajo los troncos (10-20%) debido al efecto venturi que se produce. Por otro lado el viento también es reducido a barlovento de la barrera aunque en mucho menor grado que en sotavento (fig. 39)

Fig. 39



PLANTA. Alturas de la barrera.
 Reducción de la velocidad del viento provocada por una barrera de árboles en hilera. (% de velocidad).
 Fig. 39



H = Altura de los árboles.
 Longitud de la barrera.

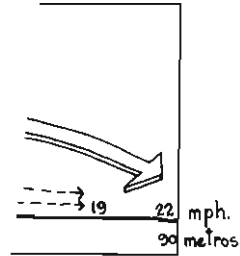
Fig. 38

DENSIDAD DE LA BARRERA.

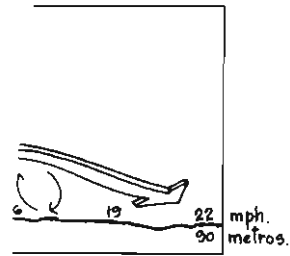
La densidad junto con la altura de la barrera son los principales factores determinantes de la reducción de velocidad y distribución del flujo.

Barreras muy densas o sólidas reducen grandemente la velocidad del viento inmediatamente después de la obstrucción (en sotavento), pero la velocidad se recupera rápidamente creando turbulencia y describiendo una sombra de viento pequeña, es decir, una zona de protección restringida.

Las barreras menos densas, con más penetrabilidad, dejan pasar algo de aire a través de ellas; con esta filtración la velocidad del aire, en el lado de sota viento, no es tan reducida como en el caso de las --- obstrucciones densas, pero la sombra de viento o zona de protección será mucho mayor y se reducirá subs tancialmente la turbulencia (fig. 40, 41 y 42)



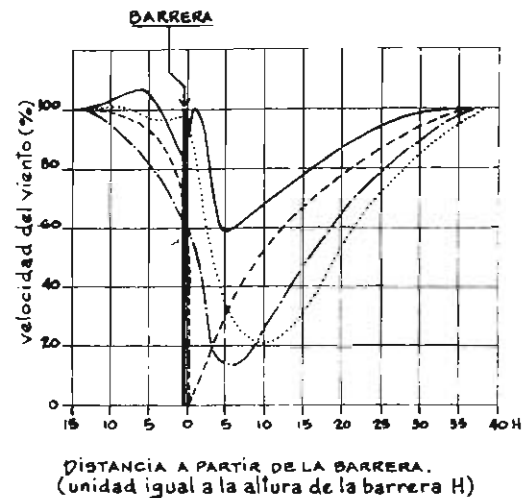
radamente penetrable.



denso.

Dependiendo de su densidad las barreras se clasifican en: ⁽¹⁾ (fig. 43)

- | | |
|---------------------------------------------------------------|---------------------------|
| . barreras abiertas
(a lo largo de toda su altura) | parcialmente penetrables. |
| . barreras densas | Impenetrables. |
| . barreras de mediana densidad | Ligeramente penetrables. |
| . barreras de mediana densidad abajo y alta densidad - arriba | Ligeramente penetrables. |
| . barreras de mediana densidad arriba y abiertas de abajo. | Ligeramente penetrables. |



- BARRERA ABIERTA.
- Densa
- MEDIANA DENSIDAD ABAJO - Densa ARRIBA
- MEDIANA DENSIDAD ARRIBA - ABIERTA ABAJO

Eficiencia de las barreras.

Fig.43

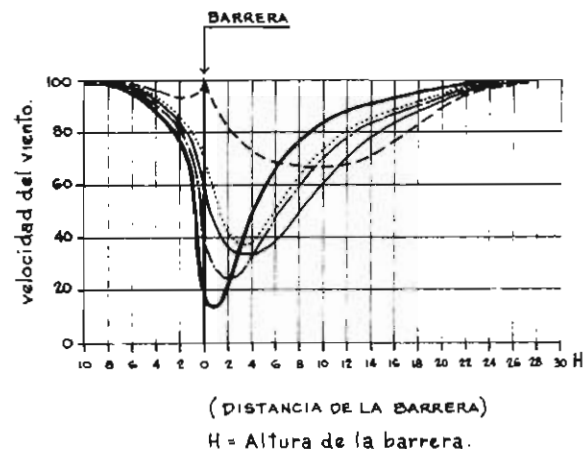
REDUCCIÓN DE LA VELOCIDAD A SOTAVENTO DE UNA BARRERA DE 30 PIES DE ALTO DE DIFERENTES DENSIDADES.

30 pies = 9.144 mts.

DENSIDAD DE LA BARRERA	PORCENTAJE DE LA REDUCCIÓN DE LA VELOCIDAD DEL VIENTO			
	primeras 5H	primeras 10H	primeras 15H	primeras 30H
MUY ABIERTA	18	24	25	18
ABIERTA	54	46	37	20
MEDIA	60	56	48	28
DENSA	66	55	44	25
MUY DENSA	66	48	37	20

H = Altura de la barrera.

Tabla 1



VELOCIDAD DEL VIENTO CERCA DE UNA BARRERA DE 30 PIES DE ALTO DE DIFERENTE DENSIDAD. (30 pies = 9.144 mts.)

DENSIDAD DE LA BARRERA	DISTANCIA A BARLOVENTO (alturas de la barrera)			DENTRO DE LA BARRERA	DISTANCIA A SOTAVENTO (alturas de la barrera)									
	10	5	0		0	2	5	10	15	20	25	30		
MUY ABIERTA	100	98	94	96	102	80	72	69	74	86	97	100		
ABIERTA	100	96	70	78	60	40	48	75	87	95	99	100		
MEDIA	100	96	65	62	55	37	36	60	77	89	95	100		
DENSA	100	96	55	—	40	27	42	70	86	94	97	100		
MUY DENSA	100	95	55	—	15	27	58	82	91	96	99	100		

- = MUY ABIERTA.
- = ABIERTA.
- = DENSIDAD MODERADA (MEDIA).
- = DENSA.
- = MUY DENSA.

Porcentaje de la velocidad del viento con respecto a la velocidad libre.

Tabla 2

Cuando la barrera es formada por árboles o elementos vegetales es necesario considerar la densidad en función de su especie, ya que una planta de hoja perenne ofrece una obstrucción o penetrabilidad distinta a una planta caducifolia, además de que en estas últimas se presentan variaciones en el efecto de obstrucción debido a los cambios estacionales de su follaje (fig. 44, 45 y 46).

La óptima densidad de una barrera es entre 50 y 60%; ésto significa que las hojas, ramas y tronco deben cubrir el 60% del área frontal de la barrera vegetal

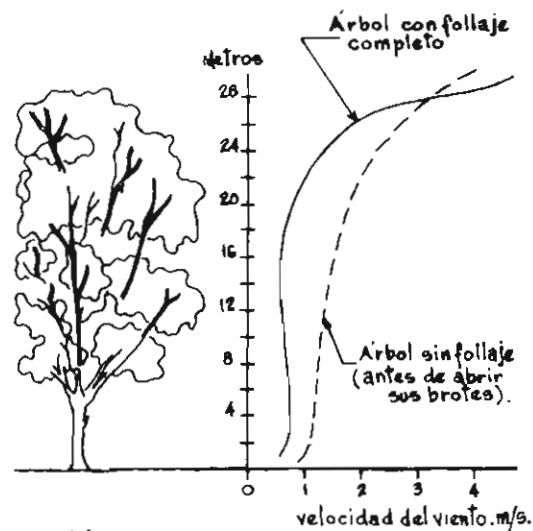
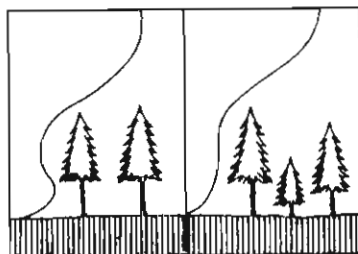
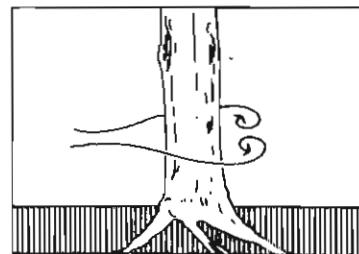


Fig. 44



Curvas de velocidad altura.

Fig. 46



Remolinos a sotavento de un tronco de árbol.

Fig. 45

FORMA DE LA BARRERA.

La forma de la barrera también es un factor que influye en el comportamiento del flujo del aire.

Formas con aristas cerradas o formas poco uniformes provocarán mayor turbulencia que formas curvas y ligeras [fig. 47]

En experimentos realizados con la ayuda de un tunel de viento ⁽⁶⁾ se encontró que las barreras formadas con árboles proporcionan mayor protección que barreras sólidas artificiales de distinta forma [fig. 48]

Debido a su menor densidad no reducen drásticamente la velocidad del viento pero sí logran una sombra de viento mucho mayor (27H)

Dentro de la vegetación encontramos plantas de muy diversas formas, tamaños y densidades que nos ayudarán eficazmente a controlar el flujo del viento, ya sea para obstruirlo o para canalizarlo, dependiendo de nuestros requerimientos bioclimáticos para la obtención del confort.

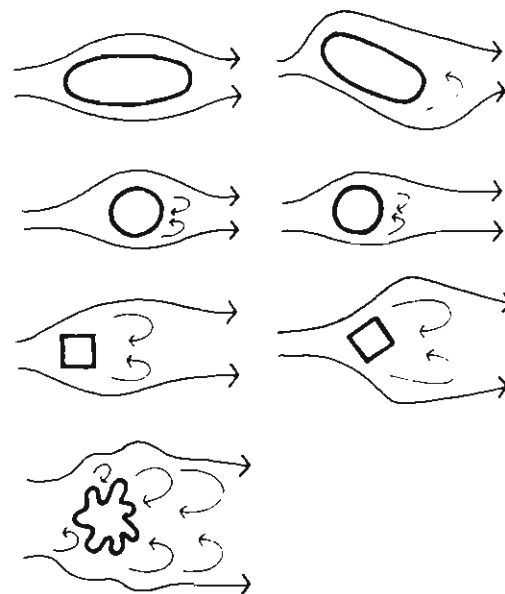
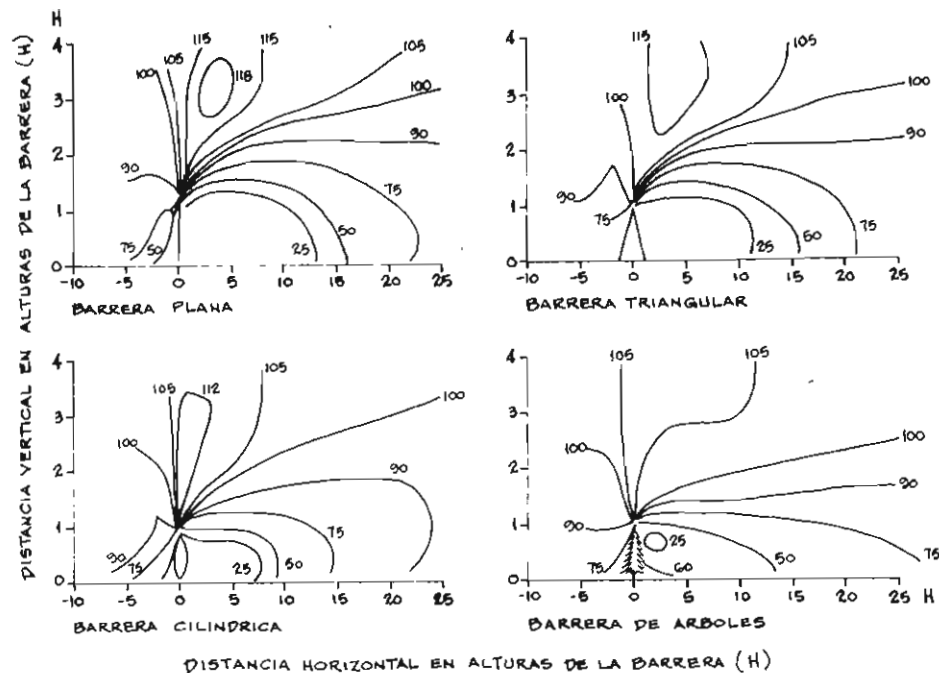


Fig.47



BARRERA	REDUCCION (%)		
	75%	50%	25%
BARRERA PLANA VERTICAL	13.0 H	15.5 H	21.5 H
BARRERA TRIANGULAR	10.5 H	15.0 H	20.5 H
BARRERA CILINDRICA	7.0 H	9.0 H	14.0 H
BARRERA DE ARBOLES	—	13.5 H	27.0 H

(distancia a la que se logra la reducción) H = Altura de la barrera
Fig. 48

CAPITULO III

VENTILACION NATURAL, Y SU OPTIMO APROVECHAMIENTO EN LA ARQUITECTURA

C O N F O R T .

CONFORT NATURAL HUMANO Y REQUERIMIENTOS BIOCLIMATICOS DE LOS USUARIOS.

El CONFORT es el parámetro más importante dentro del diseño arquitectónico bioclimático. Lograr bienestar físico y psicológico es el objetivo primordial al diseñar y construir cualquier espacio.

Tanto en nuestra casa, oficina, fábrica, etc., necesitamos del confort, pues de lo contrario, cuando -- no contamos con las condiciones higrotérmicas, acústicas y lumínicas necesarias, nuestra eficiencia y -- productividad se reducen considerablemente; de hecho la falta de confort puede ocasionar graves trastornos físicos o psicológicos, amenazando seriamente a nuestra salud.

En realidad estos efectos nocivos en la salud del -- hombre se presentan cotidianamente en el interior de muchas edificaciones convencionales, caracterizadas por un olvido absoluto de la interacción que guardan con el medio circundante.

En su informe de 1984, la Organización Mundial de la Salud, señala que más del 70% de las enfermedades -- del aparato respiratorio se deben a los diseños ina-

decuados de las edificaciones. Este informe señala a los arquitectos como responsables directos de la salud de los usuarios de sus construcciones; por ello debemos concientizarnos con el propósito de reenfocar nuestras acciones hacia la búsqueda de la solución de las verdaderas necesidades del hombre en su habitat, a través de una arquitectura que responda armónica e integralmente a las exigencias de su entorno.

Podemos definir al CONFORT como aquel estado "mental" en el cual el hombre expresa satisfacción o bienestar psicofisiológico ante el medio ambiente que lo rodea.

El VIENTO es un factor determinante en la obtención del confort; podemos usarlo como estrategia de control bioclimático creando flujos convectivos interiores y minimizando la infiltración tanto de aire frío del exterior como de fugas o "puentes térmicos" de aire caliente del interior, durante el período de bajo calentamiento; y promoviendo la disipación de calor a través de la ventilación o minimizando las infiltraciones de aire caliente durante el período de sobrecalentamiento, cuidando, en ambos casos, la cantidad de humedad y la calidad o pureza del aire.

En términos generales podemos mencionar tres pasos básicos en el diseño de la ventilación:

1. Es importante tener un claro esquema del régimen del viento, su temperatura, contenido de humedad, pureza y calidad, dirección, velocidad, frecuencia, turbulencia, zonas de calma, etc.
Es necesario comprender el comportamiento del viento sobre el sitio preciso de diseño tanto en sus ciclos diarios como estacionales.
2. Es necesario hacer análisis bioclimáticos e identificar claramente los requerimientos específicos (diarios y estacionales) de ventilación desde el punto de vista de confort humano (higrotérmico), para poder seleccionar las estrategias de diseño más adecuadas.
3. Es importante diseñar los sistemas de ventilación (dimensión, forma, tipo de aperturas, dispositivos de control del viento, etc.) que correspondan a las características funcionales tanto del viento como de los requerimientos de confort higrotérmico.

Así el confort que experimenta una persona está en función de múltiples variables, entre ellas las prin

cipales son:

1. temperatura del aire.
2. temperatura radiante media.
3. humedad del aire
4. movimiento y velocidad del aire
5. cantidad y tipo de vestimenta
6. nivel de actividad.

De estas variables, las cuatro primeras son de tipo ambiental, y a excepción de la segunda, están determinadas por el régimen de aire circundante sobre la piel.

El balance térmico entre el cuerpo humano y su medio ambiente circundante puede ser expresado, en términos generales, por la siguiente fórmula:

$$M + R + Cv + Cd - E = 0$$

Donde M = grado de metabolismo basal y muscular.

R = calor que se gana o pierde por radiación.

Cv = calor que se gana o pierde por convección

Cd = calor que se gana o pierde por conducción

E = calor que se pierde por evaporación.

El movimiento del aire, el VIENTO, afecta este balance térmico a través de dos factores físicos:

- . Por el intercambio de calor CONVECTIVO
- . El eficiente enfriamiento por la EVAPORACION del sudor.

INTERCAMBIO DE CALOR CONVECTIVO.

Los efectos que produce este movimiento de aire, se intensifican cuando la temperatura del aire es inferior a la temperatura de la piel (37°C), incrementándose el enfriamiento del cuerpo.

Cuando la temperatura del aire es superior a la temperatura del cuerpo se producen altas ganancias caloríficas convectivas, sin embargo B: Givoni en sus estudios de ventilación de 1962 ⁽¹⁾ establece que, bajo estas condiciones, existe una velocidad óptima -- del viento donde el estrés térmico impuesto sobre el cuerpo es mínimo. El valor numérico de esta óptima -- velocidad a una temperatura dada depende principalmente del nivel de humedad y del grado metabólico y aumenta progresivamente con el aumento de estos factores.

No obstante, lo más recomendable bajo estas condiciones es restringir el flujo de aire sobre la piel, so-metiendo al viento a un enfriamiento pasivo o activo

antes de introducirlo a la vivienda.

EVAPORACION.

Cuando la relación entre el grado de evaporación (e) y la máxima capacidad evaporativa del aire (E_{max}) es baja, el proceso de evaporación es muy rápido y tiene lugar directamente sobre la piel o dentro de los poros. Bajo estas condiciones casi todo el calor para la evaporación es liberado por el cuerpo.

Pero cuando la relación e/E_{max} aumenta, el proceso de evaporación baja, parte del sudor se traslada sobre el cabello y parte es absorbido por la ropa y ahí se evapora. En este caso, parte del calor necesario para la evaporación, es liberado por el aire; como resultado menos calor es liberado por el cuerpo y la eficiencia del enfriamiento por evaporación es reducida. (1)

Para evaluaciones cuantitativas de las respuestas -- del cuerpo humano ante el movimiento de aire en términos fisiológicos y subjetivos se recomienda consultar las referencias (1 y 2) de este capítulo.

Por otra parte, los requerimientos bioclimáticos básicos para brindar bienestar integral al usuario en su habitat son los siguientes:

1. Calefacción.
2. Enfriamiento
3. Humidificación
4. Deshumidificación
5. Ventilación
6. Calidad del aire
7. Iluminación adecuada
8. Acústica adecuada.

Los seis primeros requerimientos bioclimáticos están directa o indirectamente relacionados con el aire y el aire en movimiento: el VIENTO.

El VIENTO es un factor muy importante, sin embargo - es necesario tomar en cuenta que es sólo uno de los muchos factores que deben considerarse en el diseño arquitectónico integral.

La comprensión de todos los factores que condicionan el confort natural humano en un espacio, así como el análisis y la elección de las estrategias bioclimáticas solares pasivas más adecuadas para cada caso específico, asegurarán una respuesta armónica e integral del edificio con su medio ambiente circundante.

DISEÑO DE LA VENTILACION NATURAL.

En el diseño de un sistema de ventilación natural -- son muchas las variables que intervienen en el patrón del flujo de aire dentro de una habitación y en los efectos que este movimiento de aire causa sobre los habitantes en términos de confort.

Las primeras variables que se deben considerar son -- aquéllas inherentes al viento, es decir:

- . su velocidad
- . dirección
- . frecuencia y
- . turbulencia

analizándolas sobre el sitio preciso de diseño y tomando en cuenta sus cambios diarios (horarios) y estacionales (mensuales) ya que, como se explicó anteriormente, los vientos predominantes, generales y regionales, comúnmente son alterados por las características locales de topografía, vegetación y construcciones cercanas a nuestro terreno. Además los vientos convectivos ocasionan variaciones diarias y estacionales en todas las variables del viento.

En segundo lugar debemos considerar todas las varia-

bles arquitectónicas y constructivas:

- . forma y dimensiones de nuestro edificio.
- . orientación con respecto al viento
- . localización y tamaño de las aperturas, de entrada y salida de aire.
- . tipo de ventanas y sus accesorios
- . elementos arquitectónicos exteriores e interiores, etc.,

en relación al efecto que causa cada una de ellas en el flujo del aire alrededor del edificio, pero principalmente enfocándonos a las características resultantes del movimiento de aire en el interior de nuestro espacio.

Las páginas siguientes del presente capítulo están orientadas hacia el entendimiento de los efectos que los elementos y variables arquitectónicas tienen sobre el viento y cuál es la forma en que debemos aprovecharlos para conseguir el confort humano dentro de nuestros espacios diseñados.

Para estos fines el estudio del movimiento del viento se dividió en dos partes:

MOVIMIENTOS HORIZONTALES.

Todos los efectos logrados por el flujo normal

del viento, decimos que son originados por el
MOVIMIENTO HORIZONTAL DEL AIRE.

MOVIMIENTOS VERTICALES.

Cuando el movimiento es originado por diferen
cias de temperatura y de presión, se crean --
flujos convectivos de viento ascendentes y --
descendentes o MOVIMIENTOS VERTICALES DEL AIRE

MOVIMIENTOS HORIZONTALES.

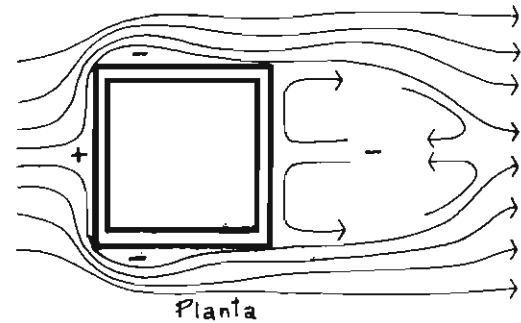
Cuando el viento pega sobre un edificio se crea una zona de presión alta en la cara frontal al viento - (BARLOVENTO), el viento rodea el edificio incrementando su velocidad y creando zonas de relativa baja presión en las caras laterales y en la cara posterior del edificio (SOTAVENTO) (fig. 49 y 50).

Naturalmente el aire tiende a entrar al edificio por las zonas de alta presión y a salir por las zonas de baja presión. Por lo tanto las ventanas e aperturas de entrada deberán ubicarse en las zonas de presión alta y las aperturas de salida en las zonas de presión baja.

INERCIA DEL VIENTO.

El viento entra a la habitación de frente, con la misma dirección del viento libre debido a la INERCIA que llevan sus moléculas; posteriormente el flujo es afectado por la localización de la salida en cualquiera de las zonas de baja presión (fig. 51)

PRESION ALTA (+)
PRESION BAJA (-)



Barlovento
Fig. 49

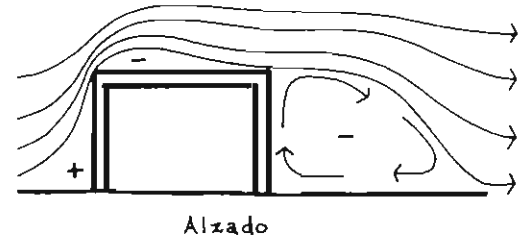


Fig. 50

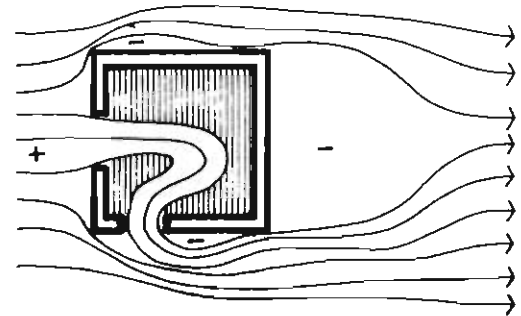


Fig. 51

Para producir un efecto de enfriamiento sobre los ocupantes del edificio es necesario dirigir el flujo de aire sobre el cuerpo de éstos, ya que el aire en movimiento al pasar por la superficie de la piel acelera la disipación de calor de dos maneras: aumentando la pérdida de calor por CONVECCION y acelerando el enfriamiento por EVAPORACION. Es decir, que es necesario que el viento circule a través de la "zona habitable" pues de lo contrario no habrá sensación de CONFORT.

Entre los factores que determinan el patrón de flujo de aire tenemos:

- . Localización
- . Tamaño
- . Forma de las aberturas.

LOCALIZACION DE LA ENTRADA.

Al tener una abertura localizada al centro del muro, habrá igual presión a ambos lados de ella, por lo que el viento entrará de frente a la habitación. (Fig. 52).

Si la abertura no está al centro del muro, es decir, si es asimétrica, la presión a ambos lados será desigual, lo que originará que el flujo de entrada sea diagonal, con el sentido que provoca la zona de mayor presión (fig. 53)

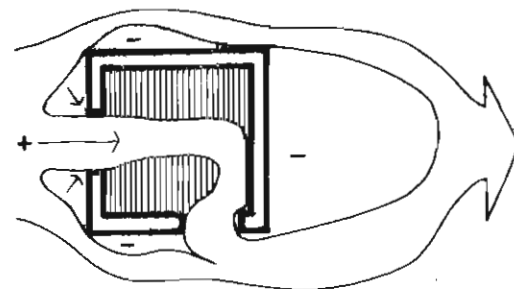


Fig.52

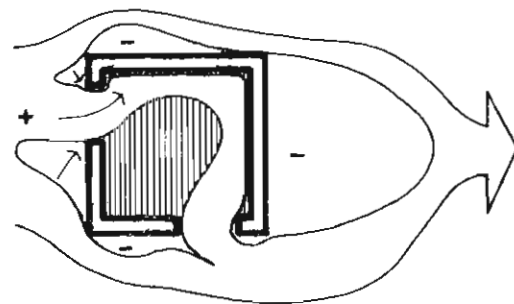


Fig.53

Todas las variaciones en el patrón de aire interior son causadas por una "desigual presión" alrededor - de las aberturas de entrada, como un resultado de su localización con respecto a la superficie de muro só lido que las rodea.

LOCALIZACION DE LA SALIDA.

Así como la localización de la abertura de entrada - es sumamente importante en el comportamiento del flu jo de aire interior, la localización de la salida no es tan importante, ya que el patrón del flujo de --- aire, relativamente no se ve alterado (fig. 54, 55 y 56).

Sin embargo, la localización de la salida define, -- junto con la entrada, el "EJE DE VENTILACION" (línea recta que une el centro de ambas aberturas), el cual -- si influye en el comportamiento del aire en función del ángulo que forma con respecto a la dirección del viento.

Las aberturas de salida también pueden localizarse - en muros laterales, adyacentes al muro de barlovento ya que en ellos también existe presión negativa del aire.



Fig. 54

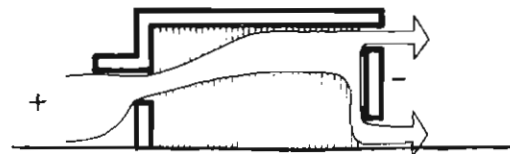


Fig. 55

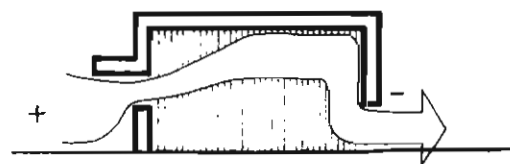


Fig. 56

FORMA Y TIPO DE ABERTURAS.

La determinación de la forma y tipo de ventanas es un factor muy importante en el diseño de la ventilación. En términos generales podemos decir que las aberturas HORIZONTALES son más eficientes que las cuadradas o verticales ya que proporcionan una mejor distribución del aire y mayores velocidades interiores con un rango de eficiencia superior a varias direcciones de viento.

Para comprender la importancia del tipo de ventanas, principalmente la de entrada, analizaremos lo que sucede en una habitación con una abertura descentrada (3).

Sabemos que en una abertura simple descentrada el flujo de aire será diagonal, en el sentido de la mayor presión (fig. 57), sin embargo, si adicionamos un elemento que neutralice dicha presión, como podría ser la hoja de una ventana o puerta abatible hacia afuera, entonces el patrón del flujo se invertirá en el sentido de la presión restante (fig. 58)

El ejemplo anterior nos muestra la importancia que tiene el tipo de abertura, ya que el patrón del flujo de aire será distinto para una ventana corrediza, abatible, de persiana, etc.

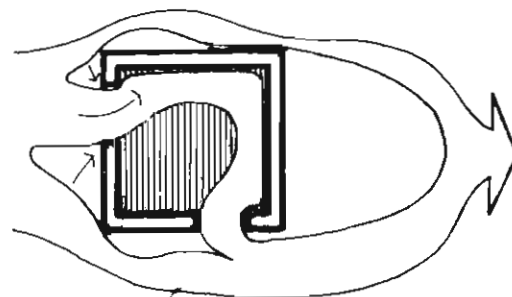


Fig.57

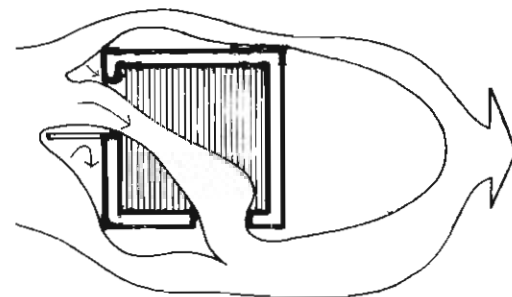


Fig.58

Existen muchos tipos de ventanas en el mercado, que al usarse en aberturas de entrada de los edificios, nos darán una gran variedad de patrones de aire.

Nosotros debemos conocer las ventajas y limitaciones de los diferentes tipos de ventanas para poder emplearlas inteligentemente en cada caso particular. --- (fig. 59, 60 y 61)

Por ejemplo, es necesario considerar que una tela -- mosquitero de nylon reduce la velocidad del viento -- hasta en un 30% o más⁽⁴⁾.

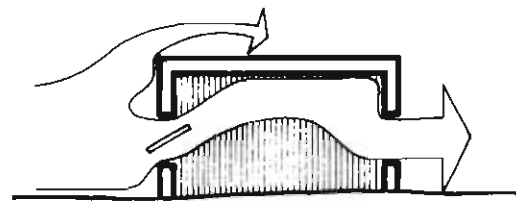


Fig.59

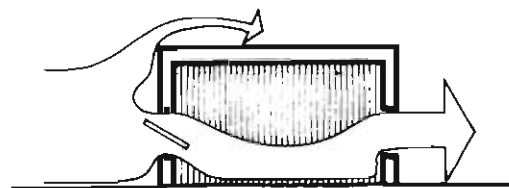


Fig.60

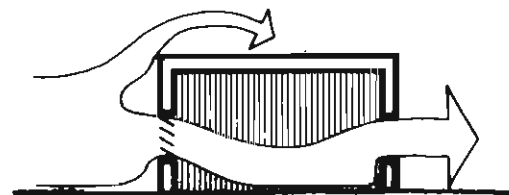


Fig.61

ACCESORIOS DE VENTANA Y ELEMENTOS ARQUITECTONICOS.

Elementos arquitectónicos exteriores cercanos a las aberturas de entrada pueden modificar los patrones del flujo de aire.

Si tenemos un volado, el aire atrapado, entre él y el muro, ejercerá una presión adicional al flujo de viento, modificando el patrón de entrada. (fig. 62) Por el contrario, si el volado se encuentra justo sobre la ventana, la presión se escapará sobre el edificio, y se perderá su efecto sobre ella (fig. 63). Si este mismo volado se separa del edificio por medio de una ranura, la presión volverá a tener efecto sobre la ventana. (fig. 64)

Los accesorios de ventanas, tales como celosías, persianas horizontales y verticales, aleros, partesoles, pantallas, etc., son diseñados generalmente como dispositivos de control solar, de lluvia, de privacidad visual o seguridad y casi nunca para el control del flujo del aire. Por lo tanto, frecuentemente, producen efectos nocivos en la eficiencia de la ventilación.

Al diseñar y utilizar estos dispositivos debemos considerar también sus efectos aerodinámicos en función de lograr una ventilación eficiente.

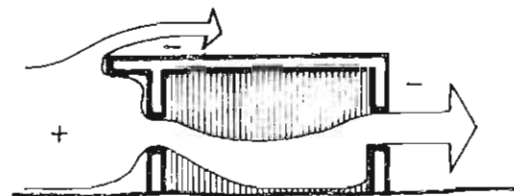


Fig. 62

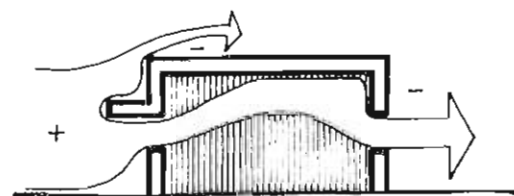


Fig. 63

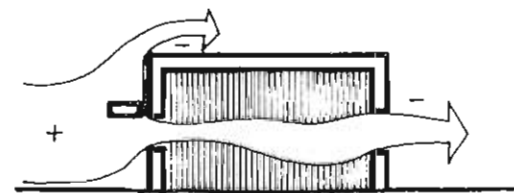


Fig. 64

TAMANO DE LAS ABERTURAS.

La determinación del área de la abertura de entrada está en función de los requerimientos específicos - de ventilación: la cantidad de aire y velocidad interior del aire necesarias.

Cuando una habitación tiene solamente abertura de entrada (VENTILACION UNILATERAL), el flujo interior de aire será mínimo. Lo más conveniente, en cualquier - diseño de ventilación, es ubicar una abertura de entrada en la zona de alta presión y una abertura de - salida en la zona de baja presión (VENTILACION CRUZA DA); de esta forma se garantizará un flujo constante de aire dentro de la habitación, obteniéndose velocidades interiores por lo menos 2.5 veces mayores a -- las que se darían en una ventilación unitaleral. (1)

El flujo constante nos aprovisiona de aire puro renovando el aire interior de la habitación. El número - de cambios de aire necesarios depende, primeramente, de la calidad del aire que estamos introduciendo y - después, del grado de deterioro que se da en el interior, que depende del tipo y características de la - vivienda, número y actividad de los ocupantes y en - general de la naturaleza de cualquiera de los procesos llevados a cabo dentro de la habitación.

La cantidad de aire que entra por una abertura está

en función de: el área de la abertura de entrada, - la velocidad del viento, la relación de tamaños de la abertura de salida y la abertura de entrada y el ángulo de incidencia del viento sobre la ventana y se puede expresar por medio de la fórmula: ⁽⁵⁾

$$Q = rVA \sin \theta$$

donde

Q = cantidad de aire (m^3 /seg.)

r = relación entre el área de entrada y área de salida.

V = velocidad del viento.

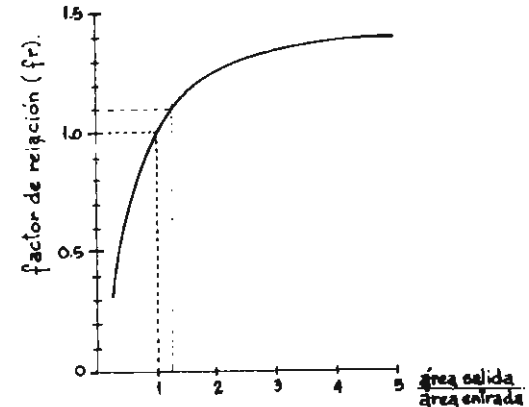
A = área de la abertura de entrada.

θ = ángulo de incidencia del viento.

(cuando el área de entrada es igual al área de salida $r = 0.5971108$). (fig. 65)

La renovación de aire nos abastece el aire puro que necesitamos para respirar, sin embargo no nos ayuda, en casi nada, en términos de CONFORT, ya que como se ha dicho antes, lo más importante para conseguirlo - es sentir el flujo de aire sobre nuestros cuerpos.

Sin embargo, también es necesario considerar que la velocidad interior MAXIMA del viento es de 2m/seg, - arriba de la cual el flujo de aire sobre el cuerpo - es molesto (ver ayuda de diseño No. 2).



Relación entre el área de salida y el área de entrada.

($r = 0.5971108 \cdot fr$)

Fig. 65

La fórmula anterior implica que la relación entre - el área de salida y el área de entrada es un factor que influye en la cantidad de aire y en la velocidad interior del flujo.

Si colocamos una entrada grande, y una salida pequeña, la velocidad del viento se incrementará, justamente donde se localiza la menor abertura; ésto ocurre principalmente debido al efecto Venturi y a las diferencias de presión y succión alrededor del edificio.

De la misma manera, si colocamos una abertura de entrada pequeña y una de salida grande, la velocidad - del viento será incrementada dentro de la habitación (fig. 66, 67, 68 y 69).

Este aumento de velocidad puede sernos muy útil, en términos de CONFORT, sobre todo en climas cálidos.

Para lograr un incremento en la velocidad del flujo de aire, es necesario considerar dos factores ⁽³⁾:

Primero:

entre mayor sea el tamaño de la salida, en comparación con la entrada, mayor será la velocidad adquirida. *

(* contrariamente a los estudios de Robert ---

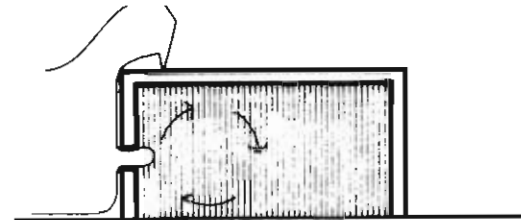


Fig. 66



Fig. 67

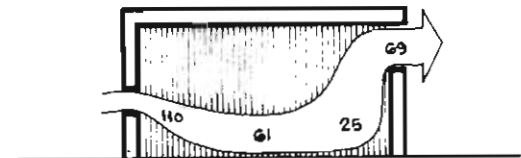


Fig. 68

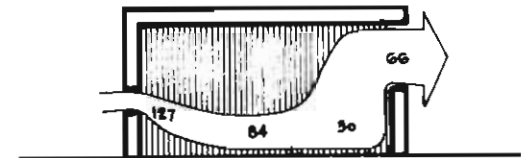


Fig. 69

Reed ⁽³⁾ y a las implicaciones de la fórmula de Victor Olgyay ⁽⁵⁾, Harris J. Sobin ⁽⁸⁾ en sus experimentos de ventilación determina que si bien la velocidad del viento se incrementa inmediatamente después de la abertura de entrada, la velocidad promedio interior disminuye ligeramente. A este respecto S.L.L. coincide -- con B. Givoni ⁽¹⁾ el cual dice que la diferencia de tamaños no es un factor determinante en la velocidad interior del aire. Harris Sobin establece que la relación óptima es:

$$\frac{\text{área de salida}}{\text{área de entrada}} = 1.25$$

Segundo:

mientras más desviaciones o cambios de dirección tenga el flujo de aire dentro de la habitación, más disminuirá la velocidad del aire. (fig. 70 y 71).

En diseño de aberturas de entrada y salida ideal es entonces:

- . abertura de entrada pequeña localizada en la parte inferior del muro.
- . abertura de salida grande localizada en la parte superior del muro.

De esta forma el flujo de aire estará dirigido hacia la zona habitable con buena velocidad (fig. 72)

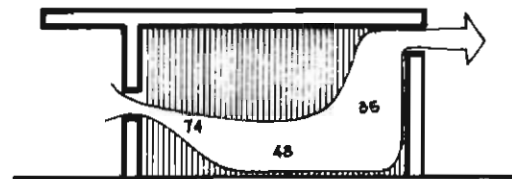


Fig.70

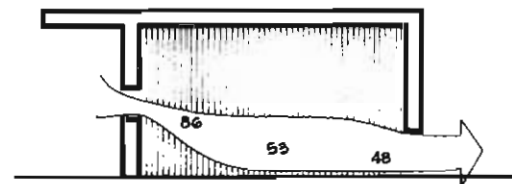


Fig.71

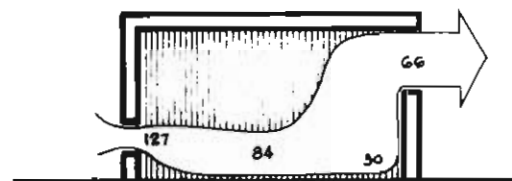


Fig.72

VELOCIDADES PROMEDIO Y MÁXIMAS DADAS POR LA RELACIÓN DE TAMAÑO ENTRE LA ABERTURA DE LA ENTRADA Y LA SALIDA (4)

DIRECCION DEL VIENTO	TAMAÑO DE LA SALIDA	TAMAÑO DE LA ENTRADA (con respecto al área del muro)					
		1/3		2/3		3/3	
		Prom.	Max.	Prom.	Max.	Prom.	Max.
PERPENDICULAR 90°	1/3	35	65	34	74	32	49
	2/3	39	131	37	79	36	72
	3/3	44	137	35	72	47	86
OBLICUO 45°	1/3	42	83	43	96	42	62
	2/3	40	92	57	133	62	131
	3/3	44	152	59	137	65	115

(Porcentajes con respecto a la velocidad libre del viento exterior.)

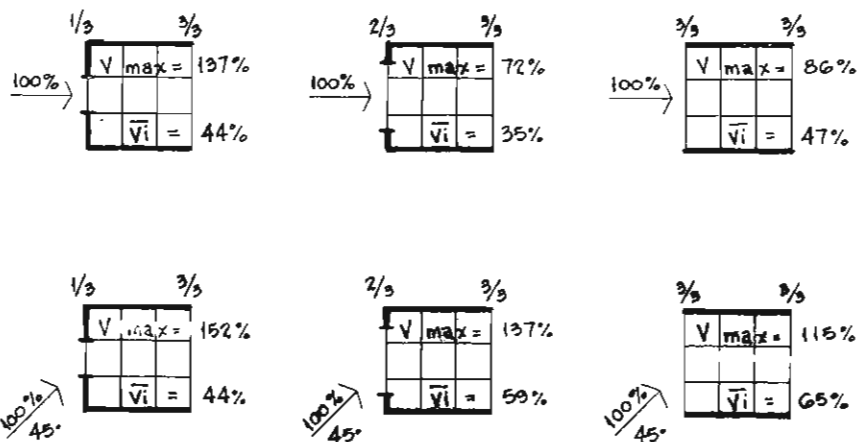


Fig.73

63	35	33	40	62
36	25	30	26	43
27	29	30	28	25
25	34	35	31	25
21	28	65	44	28

$\bar{v}_i = 35\%$

27	28	29	30	40
32	28	31	29	38
35	37	65	33	32
32	35	66	34	32
33	27	131	30	33

$\bar{v}_i = 39\%$

34	27	39	32	41
32	38	56	30	61
39	42	69	34	52
38	32	79	33	44
38	27	137	30	32

$\bar{v}_i = 44\%$

33	36	44	48	63
28	26	25	23	69
37	38	31	28	82
41	38	40	67	41
28	32	31	83	31

$45^\circ \bar{v}_i = 42\%$

56	27	33	33	74
47	30	22	19	77
35	25	28	22	49
29	22	28	87	45
28	34	31	92	30

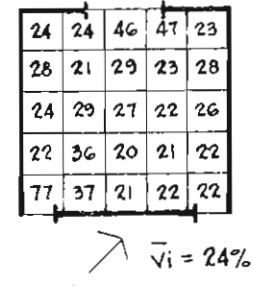
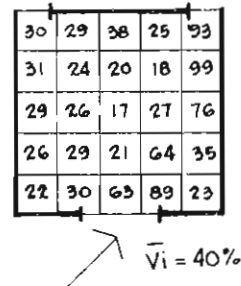
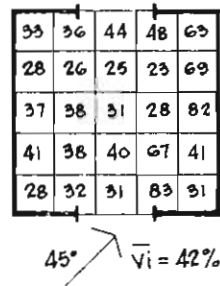
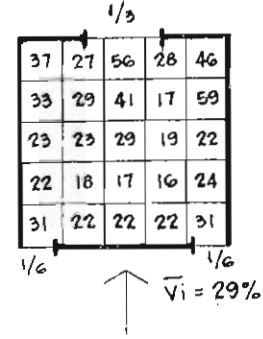
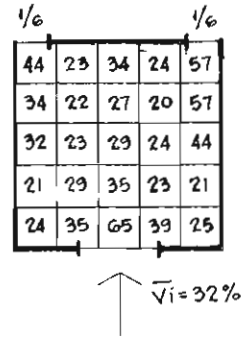
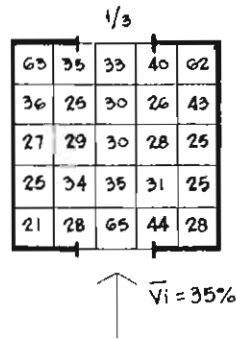
$\bar{v}_i = 40\%$

36	24	24	28	84
31	26	25	24	93
29	24	27	39	78
30	27	27	107	28
24	28	71	152	29

$\bar{v}_i = 44\%$

EFFECTO DEL TAMAÑO DE LA SALIDA(1), con viento perpendicular y a 45° con una entrada constante de $1/3$ (con respecto al muro).

Fig. 74



La eficiencia de la ventilación disminuye al localizar dos aberturas en uno de los lados. (1)

Fig. 75

DIVISIONES DENTRO DE LA HABITACION.

El flujo del aire pierde gran parte de su energía - cinética cada vez que es desviado alrededor o sobre un obstáculo. Varios recodos en ángulo recto tales como paredes o muebles interiores dentro de una habitación pueden detener eficazmente una corriente de - aire de baja velocidad. Por lo que debemos evitar po - ner muros que obstaculicen el flujo de aire y procu - rar ponerlos en el sentido que lleva el flujo ⁽⁵⁾, - (fig. 76 y 77).

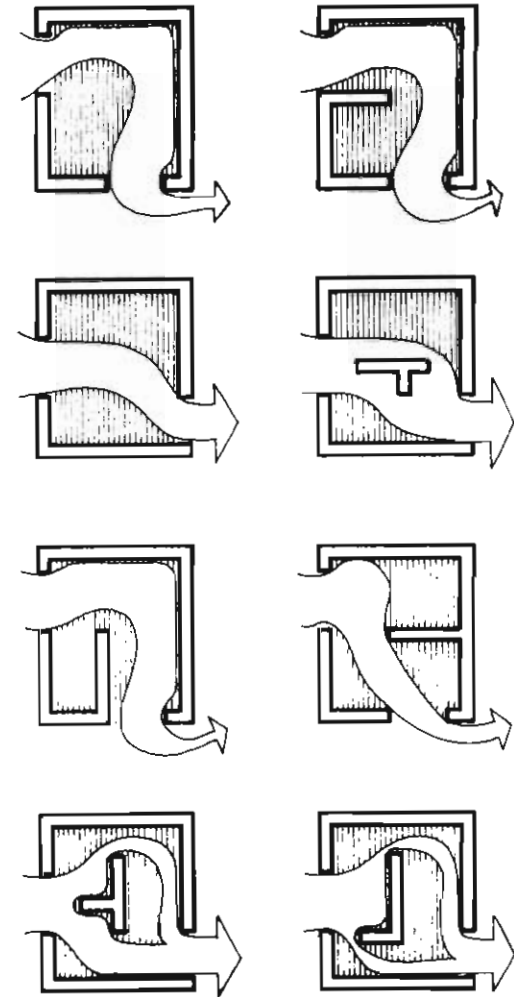
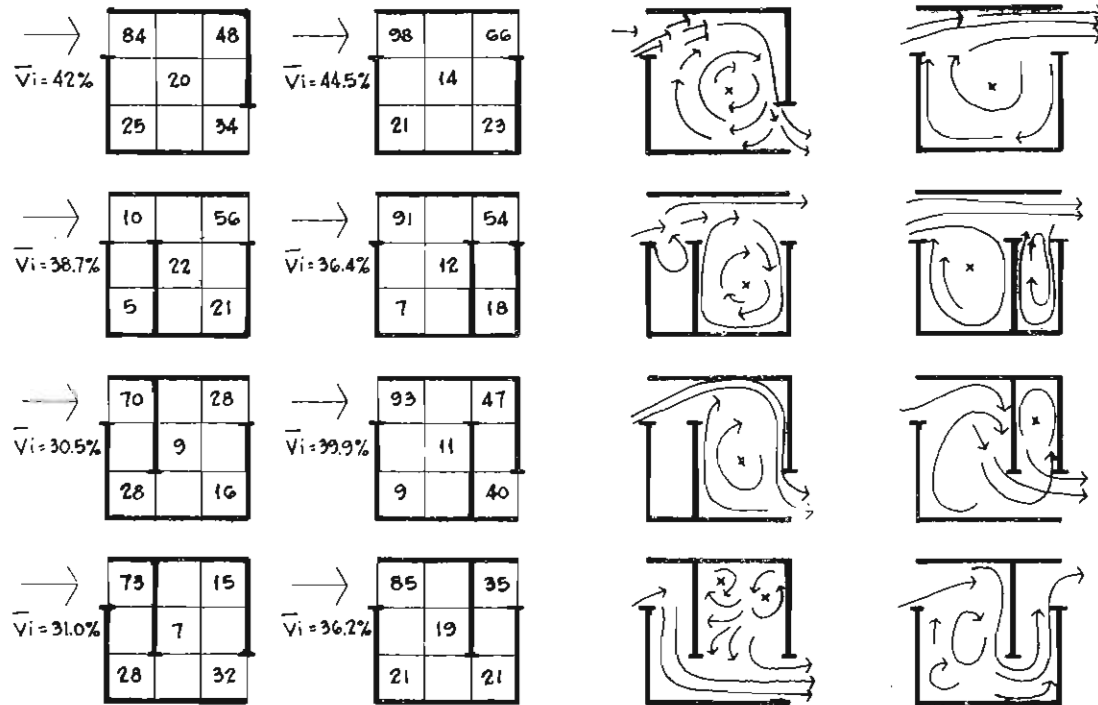


Fig.76



Efectos de subdivisiones en el interior sobre la distribución y velocidad del aire interior.

Fig.77

ORIENTACION (en ventilación cruzada)

Se genera la máxima presión del viento a barlovento de un edificio cuando la fachada es "normal" (perpendicular) a la dirección del viento. Un viento que incide a 45° , reducirá la presión en un 50%.

Parece evidente que se consiga la mayor velocidad -- del aire en el interior, si el viento entra en forma perpendicular a la fachada.

Sin embargo Givoni⁽¹⁾ encontró que si el viento incide a 45° aumentará la velocidad media del aire interior. (fig. 78)

Esto se puede explicar si sabemos que cuando el edificio se encuentra a 45° se crea una mayor velocidad a lo largo de las fachadas de barlovento; por consiguiente la sombra del viento será más ancha, la presión negativa (efecto de succión) aumenta y el flujo del aire interior se ve incrementado ⁽⁶⁾ (fig. 78)

34	27	39	32	41
32	38	56	30	61
39	42	69	34	52
38	32	79	34	44
38	27	137	30	32

↑ 44%
V. Media

68	36	37	31	72
44	44	29	29	60
37	25	29	29	36
33	25	31	29	30
34	29	31	29	37

↑ 35%

86	54	30	63	77
54	29	31	25	63
43	32	30	34	78
49	35	35	37	78
59	34	32	30	62

↑ 47%

36	24	24	28	84
31	26	25	24	93
29	24	27	39	78
30	27	27	109	28
24	28	71	152	29

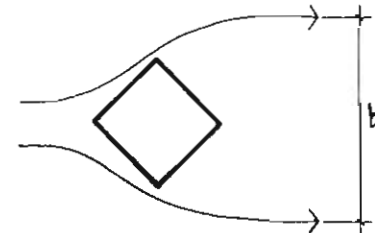
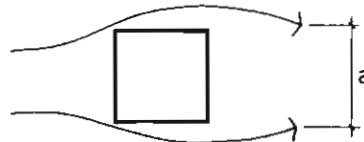
↗ 45° 44%

38	32	27	52	14
42	42	29	64	128
56	35	29	71	103
56	28	48	61	118
57	32	56	56	137

↗ 59%

44	35	56	67	77
56	32	30	85	88
59	32	30	85	88
67	34	43	102	109
55	52	76	78	115

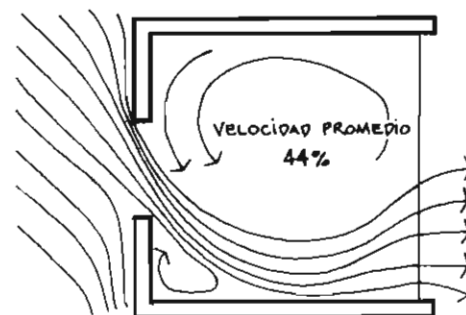
↗ 65%



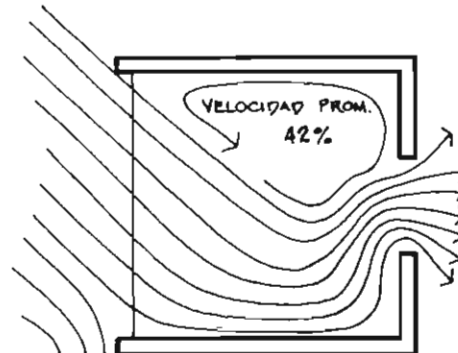
$a < b$
Fig. 78

Givoni ⁽¹⁾ explica que una orientación a 45° con respecto al viento, en ventilación cruzada con aberturas en muros opuestos, es más conveniente que una orientación a 90° , debido a que un mayor volumen de aire interior es involucrado en el movimiento que origina el flujo del viento, sin embargo, B. Evans ⁽⁷⁾ nos dice que "es necesario considerar que el aire que entra angulado no se distribuye uniformemente y causa turbulencias en el espacio interior, mientras que el flujo de aire que entra perpendicular, atraviesa el espacio de frente, más uniforme y sólo con pequeños disturbios a ambos lados de la abertura de entrada". (fig. 79 y 80).

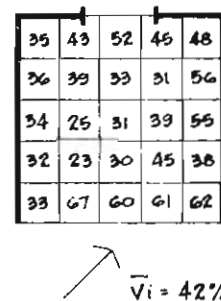
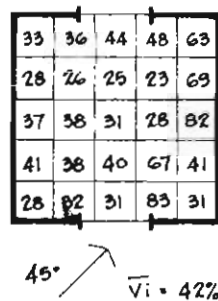
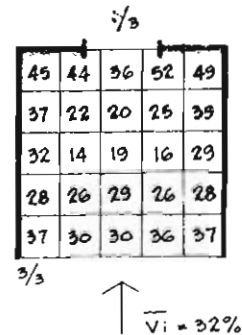
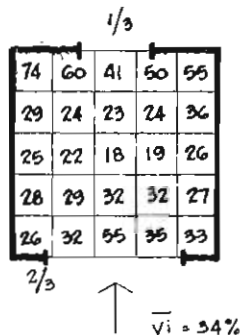
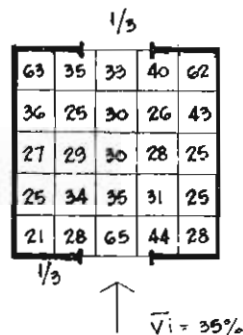
La utilización del viento oblicuo puede ser muy ventajosa, sobre todo en aquellos lugares en donde el viento predominante viene del este u oeste, ya que desde el punto de vista bioclimático y de control solar sería difícil e inadecuado dar estas orientaciones a cualquier habitación (especialmente la oeste); sin embargo, con este nuevo concepto puede lograrse una eficiente ventilación cruzada oblicua y al mismo tiempo un control solar más adecuado.



Velocidad Maxima 152%
Fig.79



Velocidad Maxima 67%
Fig.80



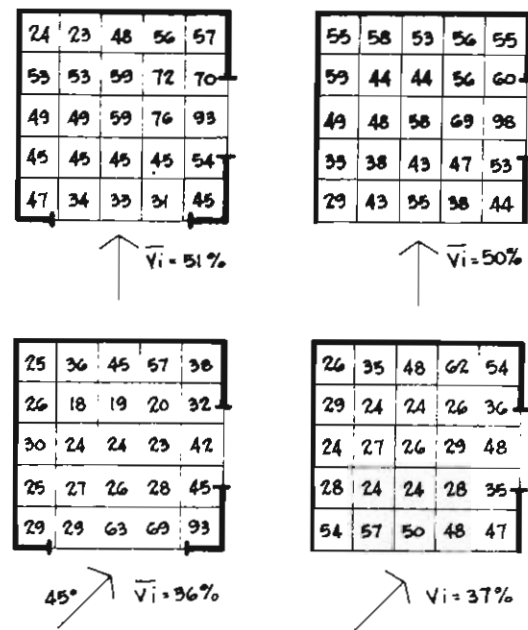
Efecto de un viento perpendicular y a 45° en una habitación con abertura de entrada variable y abertura de salida constante de $\frac{1}{3}$ (con respecto al muro).⁽¹⁾

Fig. 81

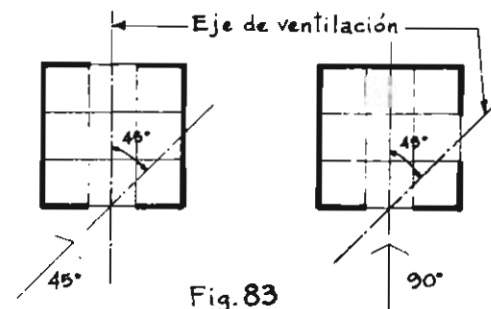
Por el contrario, cuando la abertura de salida se localiza en un muro lateral, la ventilación será más eficiente si el viento incide perpendicularmente a la abertura de entrada (90°) (fig. 82)

Esto quiere decir que la eficiencia de la ventilación aumenta cuando la dirección del flujo del viento es oblicua (45°) con respecto al eje de ventilación ⁽¹⁾ (fig. 83)







(el eje de ventilación queda definido por la línea que une el centro de ambas aberturas).



Ventilación en muros adyacentes.
Fig. 82



EFFECTOS DE LA DIRECCION DEL VIENTO EN SISTEMAS DE VENTILACION CRUZADA. (1)

ANCHO DE LA ENTRADA	ANCHO DE LA SALIDA	VENTANAS EN MUROS OPUESTOS:			VENTANAS EN MUROS ADYACENTES:		
		VIENTO PERPENDICULAR 90° 	VIENTO OBLICUO 45° 	VIENTO LATERAL 180° → 	VIENTO PERPENDICULAR 90° 	VIENTO OBLICUO 45° 	VIENTO DE SUCCION 315° 
1/3	1/3	35	42	—	45	37	22
1/3	2/3	39	40	—	52	44	23
1/3	3/3	44	44	—	51	45	26
2/3	1/3	34	43	—	51	46	—
2/3	2/3	37	57	21	—	—	—
2/3	3/3	35	59	—	—	—	—
3/3	1/3	32	42	—	50	37	—
3/3	2/3	36	62	—	—	—	—
3/3	3/3	47	65	24	—	—	—

(Porcentaje de velocidad con respecto a la velocidad libre del viento exterior)

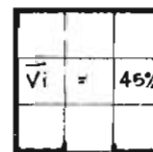
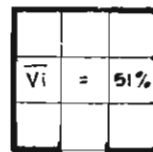
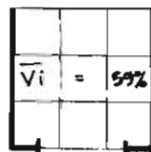
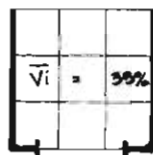
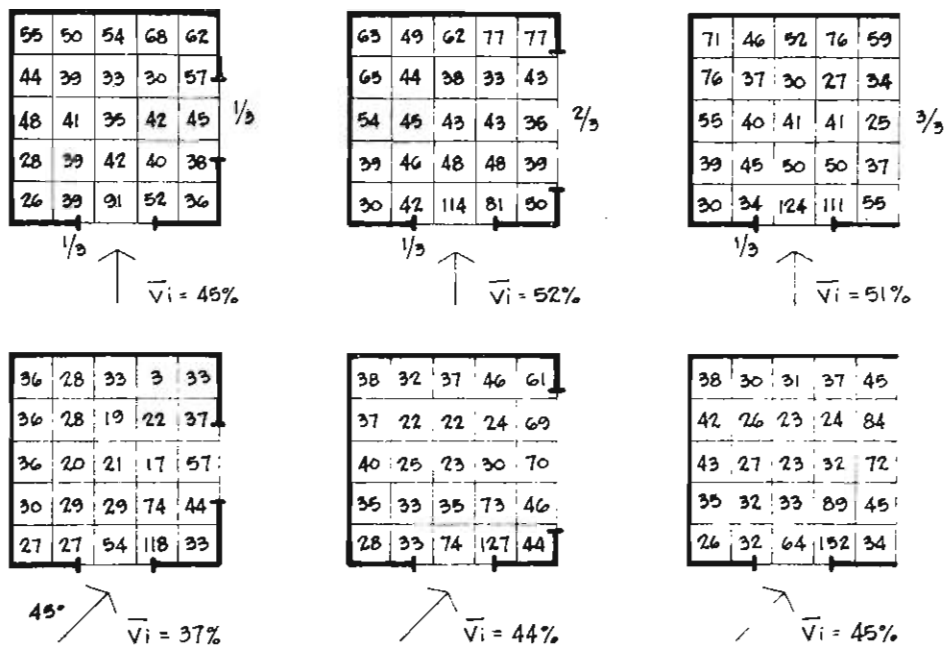


Fig. 84



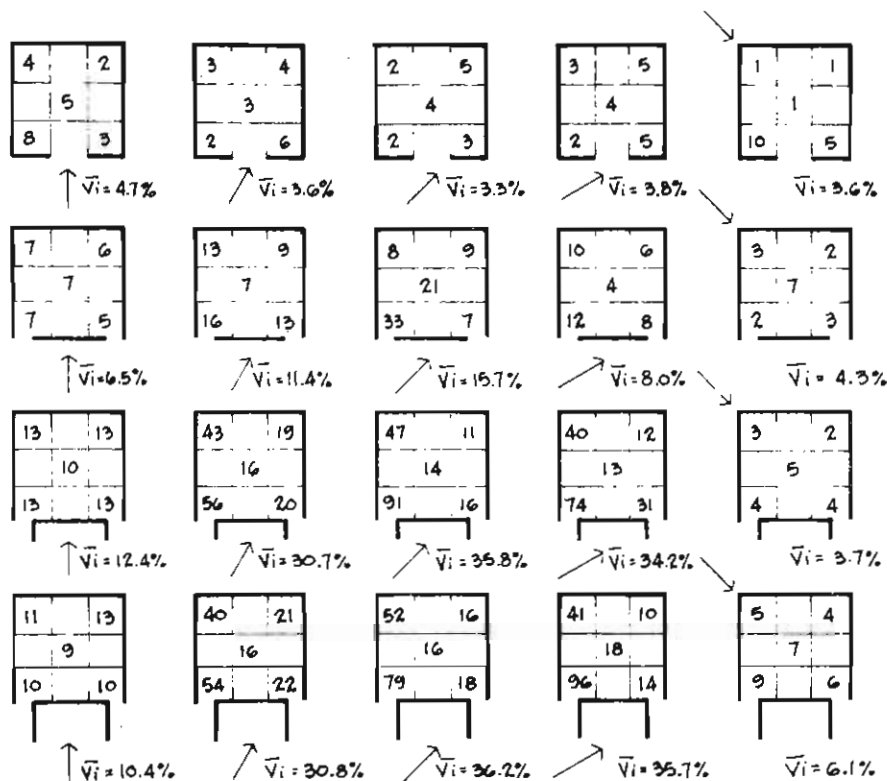
Efecto del ancho de la abertura de salida en ventanas en muros adyacentes (entrada $1/3$) con viento perpendicular y a 45° . (1)
(% de velocidad en relación a la velocidad exterior libre del viento).

Fig. 85

ORIENTACION (en ventilación unilateral)

Cuando las aberturas se localizan en sólo uno de los muros, la ventilación es grandemente reducida, ya -- que el gradiente de presión es mínimo (fig. 85) (en sus estudios Givoni^[1] determina que la ventilación será 250% más eficiente en ventilación cruzada que -- cuando se usa ventilación unilateral). En este caso pueden hacerse algunas mejoras poniendo las abertu-- ras en el lado de barlovento o bien a través de la -- orientación, localización o tipo de las ventanas ^[4]

Bajo estas condiciones, una orientación a 45° ayuda a crear pequeñas diferencias de presión a ambos la-- dos de la ventana. De la misma forma, un pequeño in-- cremento en el flujo de aire puede obtenerse locali-- zando dos aberturas a ambos lados del muro, pero se logran mejores resultados cuando se colocan protec-- ciones verticales junto a las ventanas a fin de --- crear zonas de alta y baja presión. (fig. 86)










\bar{V}_i = Velocidad promedio del viento en el interior.

Velocidad del aire interior en modelos con proyecciones (salientes) verticales de diferentes dimensiones comparados con modelos sin proyecciones, con ancho de ventanas de $\frac{1}{3}$ del ancho del muro. (4) (porcentajes con respecto a la velocidad del aire exterior.)

Fig. 86

EFFECTO DE LA DIRECCION DEL VIENTO EN VENTILACION UNILATERAL. ⁽¹⁾

ANCHO DE LA VENTANA	VIENTO PERPENDICULAR 90° 	VIENTO OBLICUO 45° 	VIENTO DE SUCCION 315° 
 1/3	13	12	14
 2/3	13	16	17
 3/3	16	23	17
 2 x 1/6	17	21	12

(Porcentaje de velocidad con respecto a la velocidad libre del viento.

Fig. 87

16.5	17	14	12.5	25
8.5	10.5	12	11.5	10
15	11	13	9.5	9
12.5	16	13	14	10
10	12.5	21.5	15.5	10.5

↑
 $\bar{V}_i = 13\%$

16	19	18.5	17.5	15.5
12	10	13	10	11
11.5	11	10	10	10
12.5	13	13	13	13
13	17.5	11.5	18	16.5

↘
 $\bar{V}_i = 13\%$

19	23	26.5	22	18.5
13.5	11.5	11	16.5	13.5
13.5	9.5	9.5	10	12.5
15	14	13.5	15	15
21	19.5	20	20	19

↘
 $\bar{V}_i = 16\%$

9	13.5	13.5	10.5	14
10	10	10.5	10.5	14
11	10	10	10	11
12	12	10.5	10	11
7.5	7.5	10.5	19	25

45° ↗
 $\bar{V}_i = 12\%$

10	14.5	13	15.5	16
12.5	10.5	11.5	10	13.5
13	13.5	13	12.5	13
13.5	13.5	13	14	12.5
8	12.5	33	30	24.5

↘
 $\bar{V}_i = 15\%$

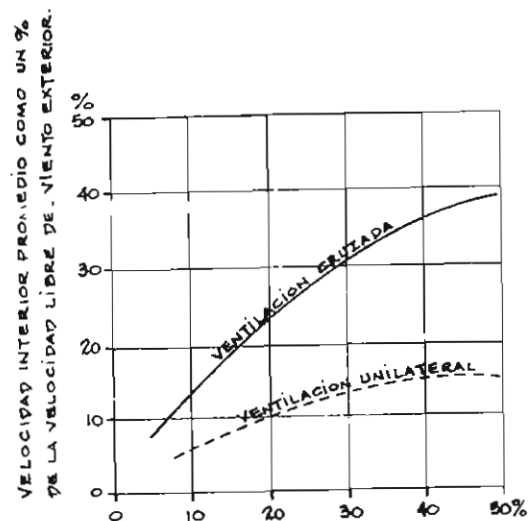
17	27.5	26	35.5	36
17.5	14.5	10.5	13	27
22.5	15	13	15	27.5
23	19	17.5	21.5	28
27	27.5	29	25.5	35

↘
 $\bar{V}_i = 23\%$

Efecto del ancho de abertura en habitaciones con una sola ventana para diferentes direcciones de viento. (1)
(% de velocidad en relación a la velocidad exterior libre del viento)

Fig. 88

En la ventilación unilateral la velocidad interior promedio más alta que puede lograrse, sin utilizar ningún dispositivo para crear zonas de baja presión, es de 15% con respecto a la velocidad libre del viento, y como puede notarse en la gráfica, con un área de ventana superior al 40%, con respecto al área total del muro, la velocidad interior lograda no aumenta significativamente ⁽⁷⁾ (fig. 89).



Área de abertura como un % del área total del muro.

Fig. 89

La eficiencia de la ventilación para distintas orientaciones, con respecto a la dirección del viento, depende también de la forma y tipo de las ventanas. En estudios realizados en el Departamento de Estudios - Tropicales de la Asociación de Arquitectura de Londres ⁽⁸⁾ durante el período 1963-1966 se hicieron -- pruebas de 255 distintos tipos de ventanas, a través de modelos sometidos a simulaciones dentro de túne-- les de viento. Los resultados obtenidos son muy sig-- nificativos.

Las conclusiones principales fueron las siguientes:

1) Orientación de la ventana.

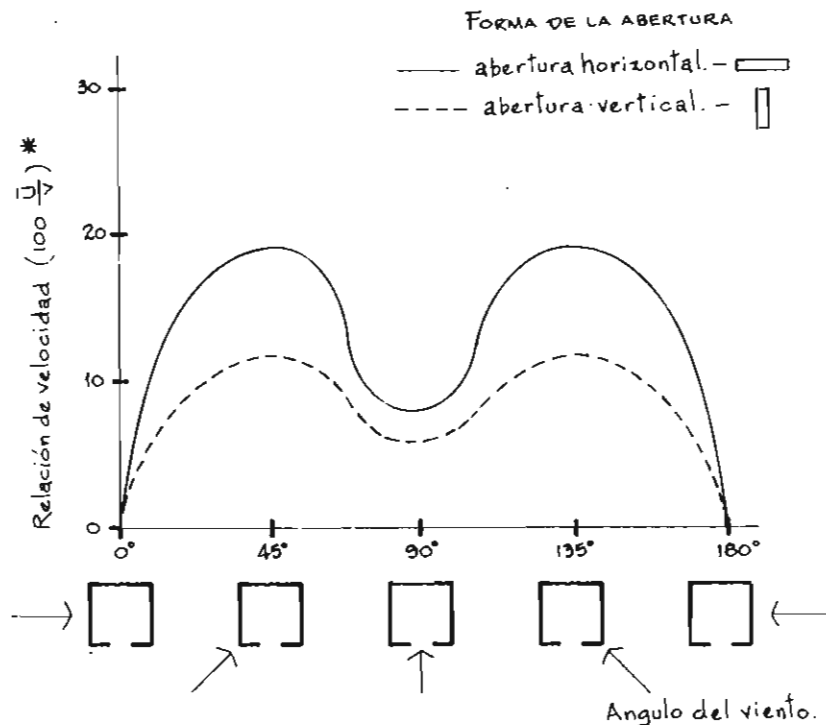
La ventana tiene un mejor desempeño cuando el viento incide oblicuamente con un ángulo de 45°. (fig. 90)

2) Ventilación cruzada.

es necesario buscar siempre la ventilación cruzada ya que con solamente abertura de en trada, el rendimiento de la ventilación dis- minuye considerablemente.

3) Relación de tamaños área de salida/área de en trada.

La relación óptima entre el área de salida y el área de entrada es 1.25 ya que cuando esta relación es mayor, la velocidad del -



Efecto de la dirección del viento en el promedio de la velocidad del aire interior en cuartos con una sola abertura.

(Área total de la abertura = 22 % del área del muro)

* $(100 \cdot \frac{\text{velocidad promedio interior.}}{\text{velocidad libre del viento.}})$; Datos del túnel de viento.

Fig.90

viento aumenta substancialmente cerca de la ventana, pero la velocidad interior promedio disminuye.

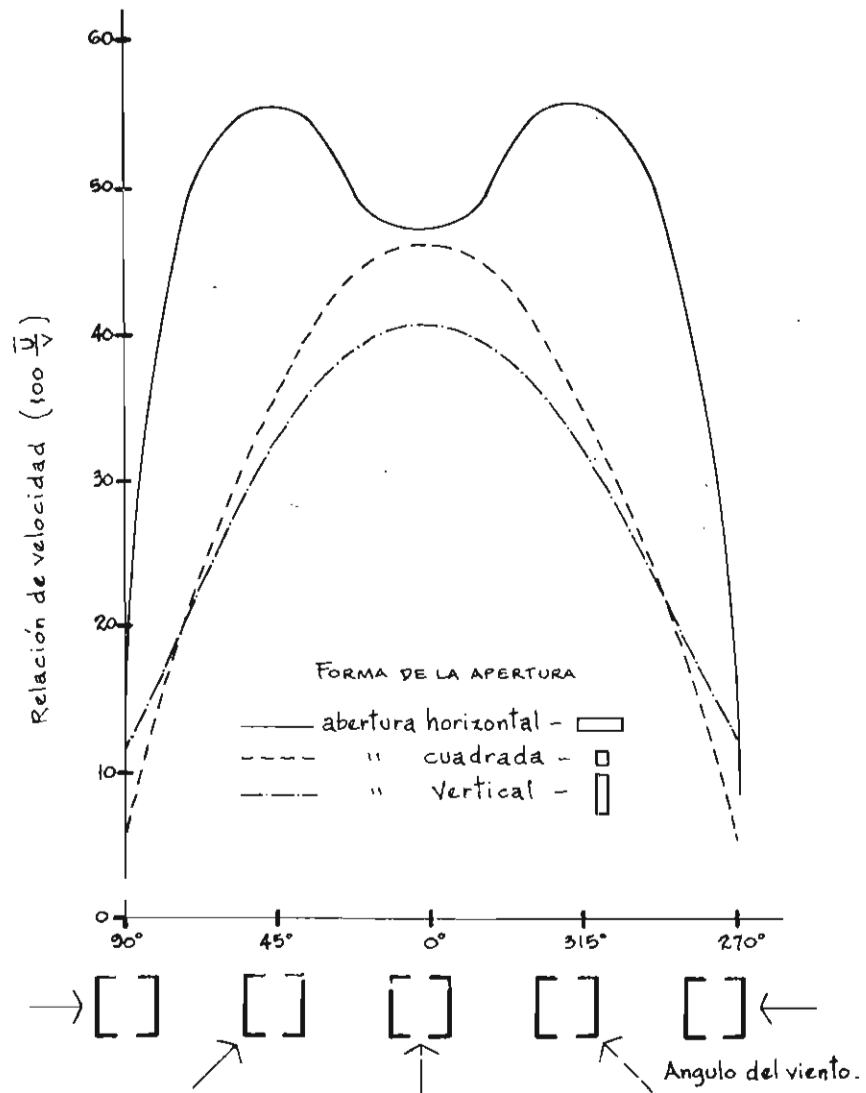
4) Forma de la entrada

Las aberturas de forma horizontal tienen un mejor desempeño que las cuadradas o verticales en cualquier caso, (ya sea en ventilación cruzada o unilateral y a cualquier dirección del viento). (fig. 91)

5) La mejor eficiencia de la ventilación se logra cuando el viento incide 45° y cuando la abertura es horizontal, sin embargo, cuando la abertura sea cuadrada o vertical, la -- orientación más adecuada será a 90° .

Efecto de la dirección del viento en el promedio de velocidad del aire interior en relación a la forma de la abertura para ventilación cruzada (área de la abertura = 22% del área del muro.)

Fig. 91



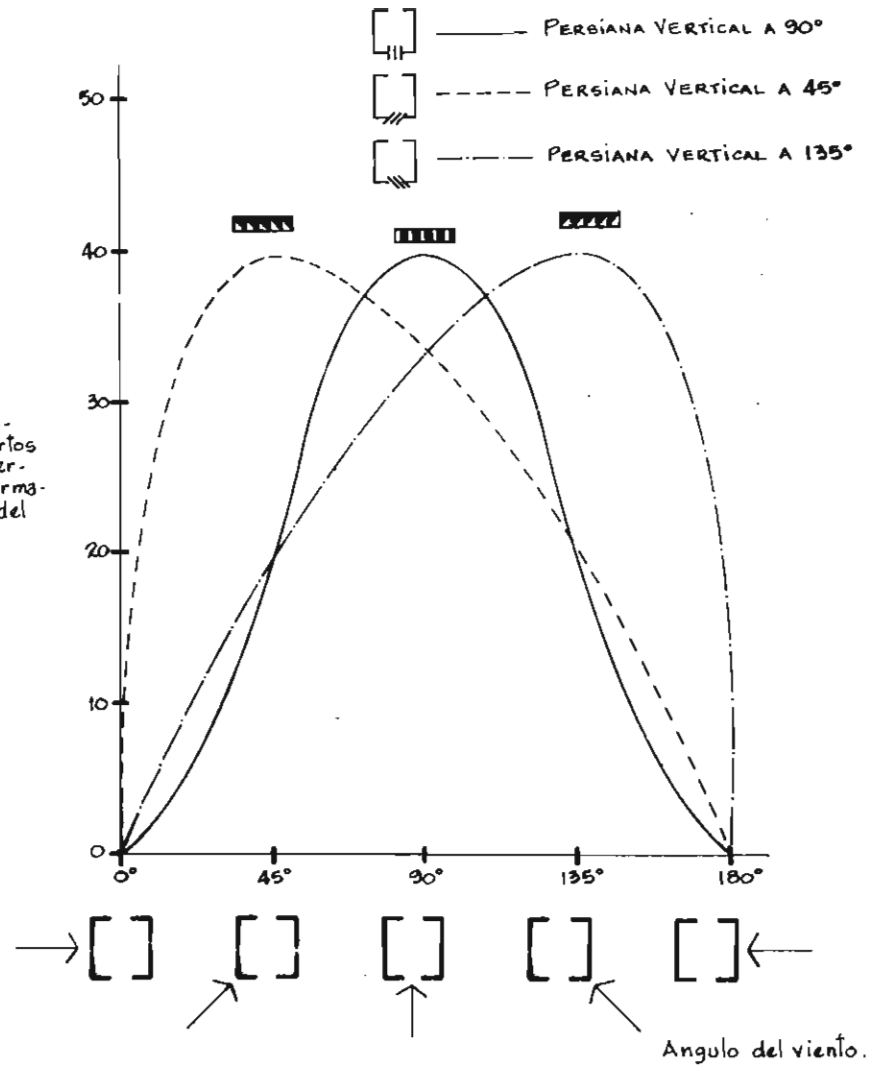
6) "accesorios de ventana"

los dispositivos de control solar, protección contra la lluvia, privacidad visual y otros propósitos no aerodinámicos pueden tener efectos negativos en el desempeño de la ventilación. (fig. 92)

Persianas verticales u horizontales, celosías, partesoles, etc. deben ser cuidadosamente estudiados para no afectar a la ventilación.

Efecto de la dirección del viento en el promedio de velocidad del aire interior en cuartos con ventanas horizontales equipadas con persianas verticales oblicuas (45° y 135°) y normales (90°), (área de la abertura = 22% del área del muro).

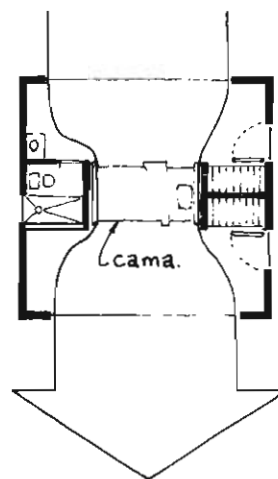
Fig. 92



EFFECTO VENTURI.

El efecto venturi, que ha estado implícito en muchas formas del comportamiento del viento anteriormente - estudiadas, consiste principalmente en el aumento de velocidad que sufre el viento al ser comprimido en su paso. Si nosotros encauzamos al viento y lo hacemos pasar por un área más reducida que por donde fluía, se incrementará su velocidad precisamente donde - el área sea menor. Por el contrario disminuirá su velocidad si lo hacemos pasar por un área más amplia - (fig. 93)

De esta forma nosotros podemos aprovechar el efecto Venturi para aumentar o disminuir la velocidad del - viento tanto en espacios urbanos como en espacios arquitectónicos exteriores o interiores según convenga a nuestros requerimientos básicos de confort.



Estrategia de diseño bioclimático recomendable en zonas tropicales. (cálido húmedo)

Fig. 93.

EFFECTO VENTURI.

aplicando la fórmula $V = \frac{Q}{r \times A}$ se puede determinar el incremento de velocidad debido al efecto venturi al variar el área (sección) de paso de una cantidad constante de aire.

donde V = velocidad del viento
 Q = cantidad de aire
 r = relación de abertura
 A = área de abertura (sección)

Para una cantidad constante de aire de $1 \text{ m}^3/\text{seg.}$ tendremos:

$$V = \frac{1 \text{ m}^3/\text{seg}}{0.5971108 \times A}$$

entonces para un área de 1 m^2

$$V = \frac{1 \text{ m}^3/\text{seg}}{0.5971108 \times 1 \text{ m}^2}$$

$$V = 1.67473 \text{ m/seg.}$$

INCREMENTO DE VELOCIDAD DUEO AL EFECTO VENTURI

	VELOCIDAD m/seg.	AREA m ²
	0.83736	2.0
	0.88143	1.9
	0.93040	1.8
	0.98513	1.7
	1.04670	1.6
	1.11648	1.5
	1.19623	1.4
	1.28825	1.3
	1.39560	1.2
	1.52248	1.1
	1.67473	1.0
	1.86081	0.9
	2.09341	0.8
	2.39247	0.7
	2.79121	0.6
	3.34946	0.5
	4.18682	0.4
	5.58243	0.3
	8.37366	0.2
	16.74733	0.1

Velocidad óptima.

Velocidad Máxima.

* Para una cantidad constante de aire de $1 \text{ m}^3/\text{seg.}$

Fig. 94

EFFECTO VENTURI.

Relación entre la velocidad del viento y el área de paso para el flujo de una cantidad constante de aire de $1 \text{ m}^3/\text{seg.}$

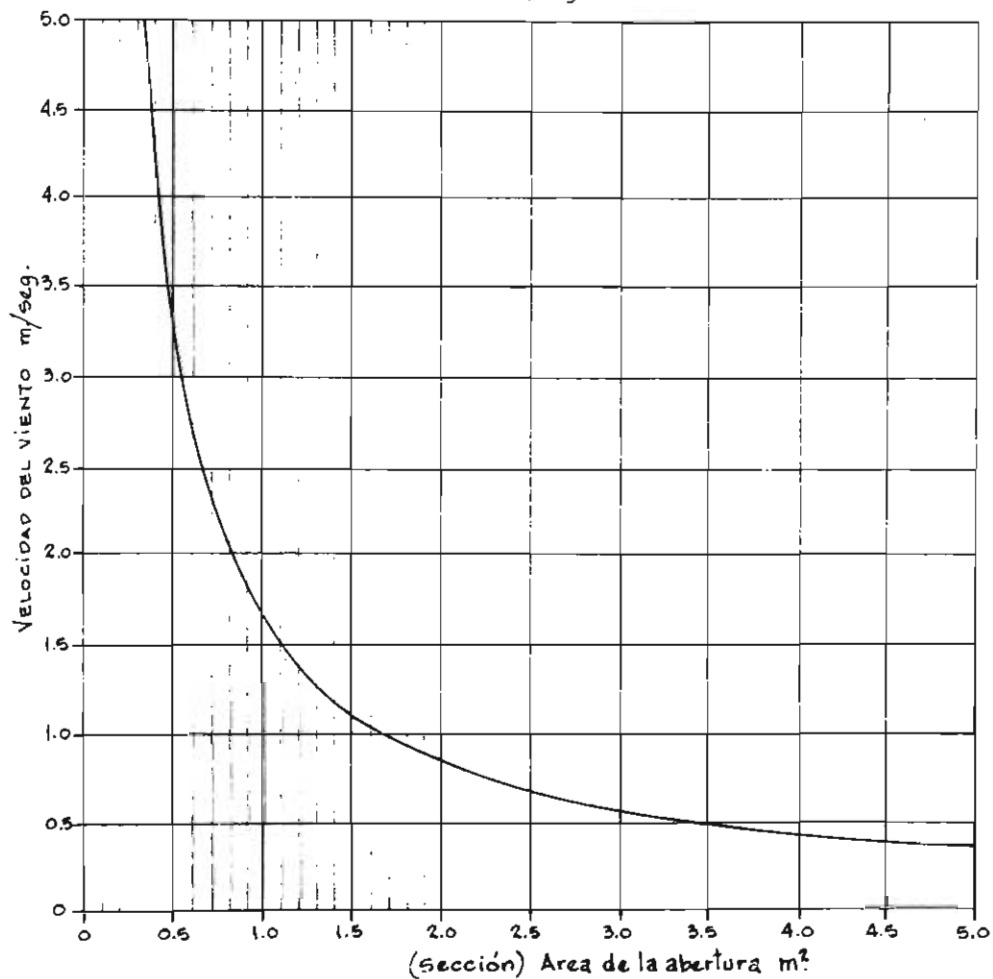


Fig.95

FLUJO DE AIRE ALREDEDOR DE LOS EDIFICIOS.

En un arreglo de unidades paralelas, el viento tiende a brincar sobre los edificios. Los edificios planeados en fila, provocan una sombra de viento sobre las subsecuentes unidades, la cual es "reforzada" -- por la tendencia del viento a canalizarse a través -- de los espacios libres sin pasar por las unidades -- posteriores. (fig. 96)

Un arreglo de unidades escalonadas tiene la ventaja de que habrán fuertes patrones de viento desde las -- construcciones directas al flujo hacia las subsecuentes unidades. Por lo que el esquema de corrientes es mucho más uniforme quedando casi eliminadas las zonas de aire estancado ⁽⁵⁾ (fig. 97)

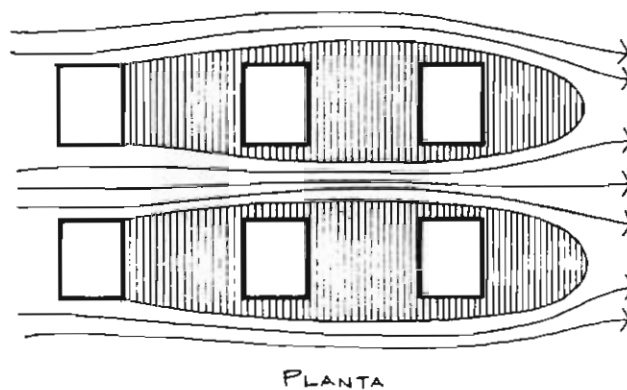
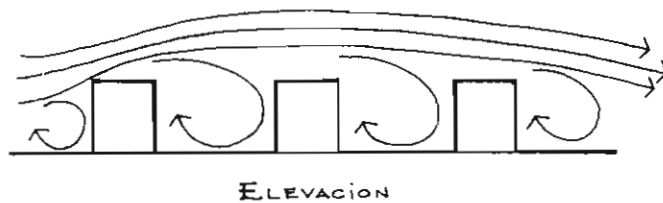


Fig.96

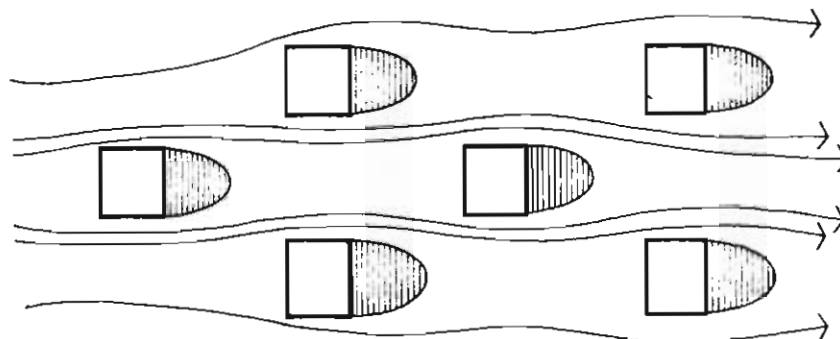


Fig.97

Si una habitación se localiza atrás de un edificio alto (en sotavento), la ventilación será deficiente. El incremento de altura del edificio obstructor podrá crear una corriente de aire a través de la habitación pero en sentido contrario a la dirección del viento. (6) (fig. 98)

La distribución de la presión alrededor de un edificio depende de su orientación con respecto a la dirección de los vientos dominantes, de su forma y sus detalles arquitectónicos (protecciones, salientes, huecos, etc.), del efecto que provocan los edificios cercanos sobre la dirección del viento y la turbulencia que se origina, y también de los elementos vegetales o artificiales que se localicen cerca de él.

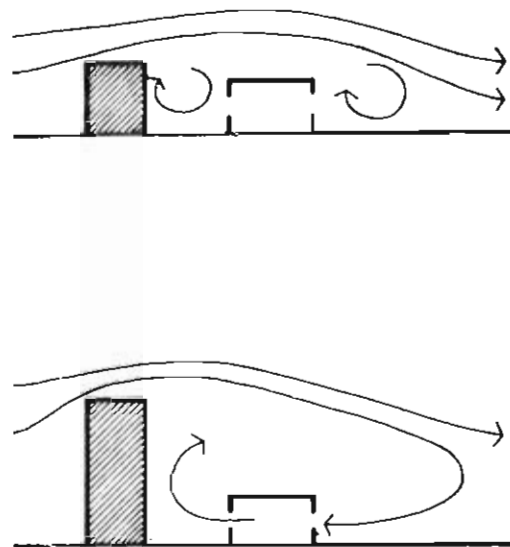


Fig.98

VEGETACION Y VIENTO (DISEÑO)

La utilización de la vegetación, dentro del diseño de un sistema de ventilación, es muy importante. La vegetación causa distintos efectos en los patrones del flujo de aire y en la velocidad del viento.

Con el diseño de elementos vegetales, como árboles, arbustos, setos, matorrales, etc., e incluyendo algunos elementos no naturales como celosías, cercas, bardas, etc., pueden crearse zonas de alta o baja presión alrededor de la vivienda con respecto a sus aberturas.

La vegetación puede ayudarnos a obstruir y deflecar el paso del viento o a canalizarlo e inducirlo dentro de la habitación cuando así convenga.

Cuando diseñamos la vegetación para inducir la ventilación dentro de la vivienda, debemos tomar aquellos arreglos que no eliminen las brisas frías deseables durante el período de sobrecalentamiento y crear movimientos de aire directos y acelerados, más convenientes, sobre la zona habitable.

Por ejemplo, el follaje masivo y denso de un árbol funciona como un bloque al paso del aire; consecuentemente, la velocidad del viento, directamente debajo de él, es incrementada ⁽⁵⁾ (fig. 99)

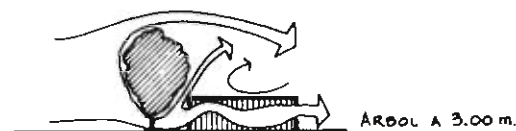


Fig. 99

Así como un árbol tiene diferentes efectos sobre el flujo del viento (fig. 99), también un seto o arbusto tiene influencia en el patrón del flujo de aire dependiendo de su altura y su cercanía con las aberturas (fig. 100 y 101)

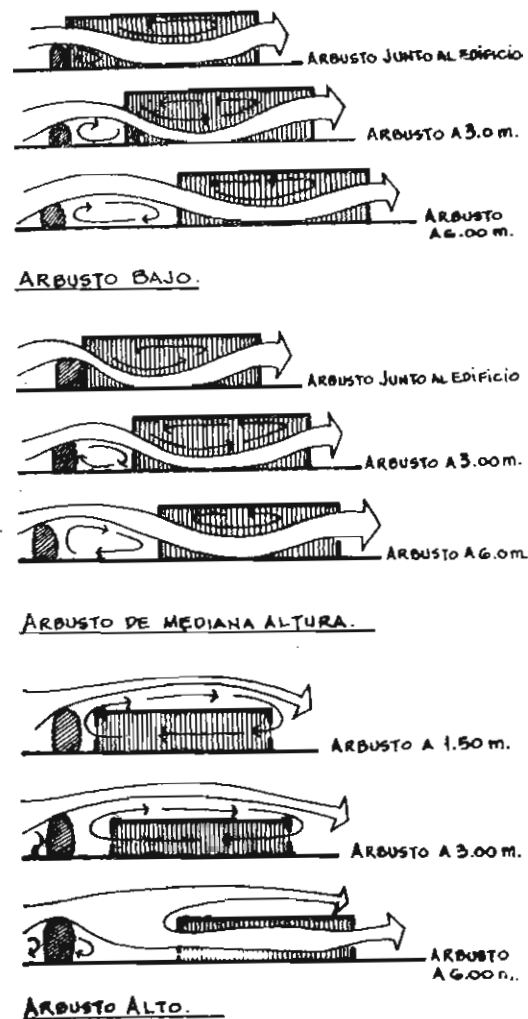
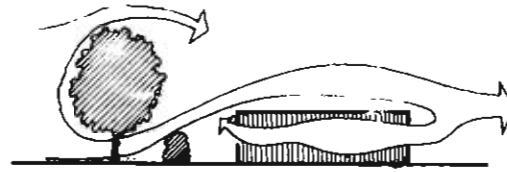


Fig. 100



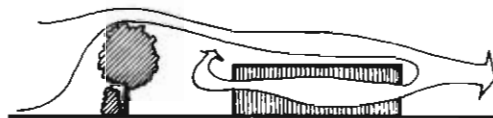
ÁRBOL A 9.00 m. ARBUSTO A 6.00 m.



ÁRBOL A 1.50 m. ARBUSTO A 3.00 m.



ÁRBOL A 6.00 m. ARBUSTO A 9.00 m.

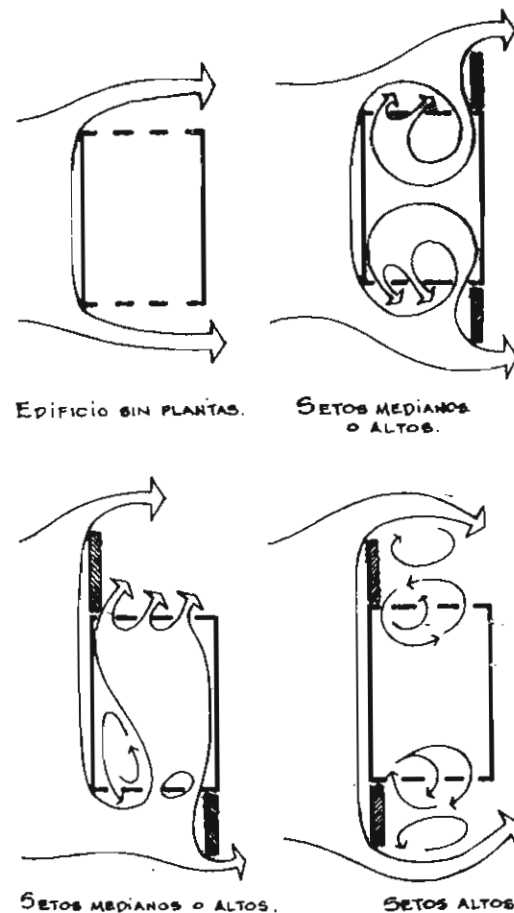


ÁRBOL A 6.00 m. ARBUSTO A 6.00 m.

Efecto combinado que produce un árbol y un arbusto.

Fig. 101

Si tenemos un edificio mal orientado con respecto al viento, podemos crear zonas de baja o de alta presión por medio de la vegetación e inducir así, un flujo de aire favorable dentro del edificio¹⁵⁾ (fig. 102).



Efectos de la vegetación sobre el flujo del aire en un edificio mal orientado (girado 90° con respecto al viento).

Fig. 102

En algunas ocasiones, dependiendo de las condiciones bioclimáticas del lugar, debemos obstruir el paso -- del viento en lugar de canalizarlo. Esto puede suceder:

- . Cuando el viento es muy frío.
- . Cuando es muy caliente o
- . Cuando está contaminado.

En estos casos es conveniente crear barreras contra el viento y darles un tratamiento especial antes de introducirlo a la vivienda:

- . calentarlo
- . enfriarlo
- . humidificarlo.
- . deshumidificarlo
- . purificarlo

La vegetación es muy útil para enfriar, humidificar, purificar al viento y canalizarlo, pero también puede servirnos eficientemente para bloquearlo y obstruirlo cuando así lo requiramos (fig. 103)

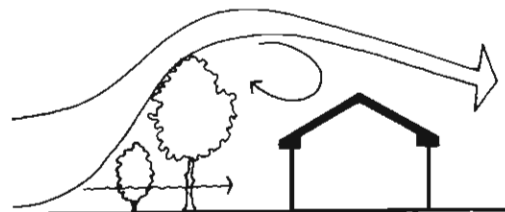


Fig. 103

PROTECCION CONTRA EL VIENTO.

Efecto del viento sobre la fachada al utilizar una barrera [9].

Al utilizar una barrera "rompe vientos" debemos ubicarla en la distancia donde nos proporcione el mayor efecto de protección, generalmente entre 2 y 3 veces la altura de la construcción.

Entre mayor sea la altura de la barrera, mayor será la protección, es decir que el promedio de la velocidad de viento que pega sobre la fachada será menor.

La barrera puede ser natural o artificial, tal y como arbustos, setos, árboles, cercas, bardas, celosías, etc. pero siempre es recomendable que tengan una porosidad o densidad entre 15-25% (fig. 104)

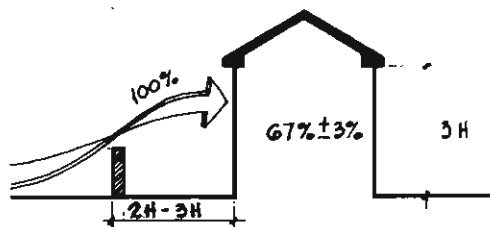
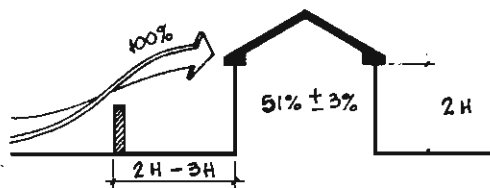
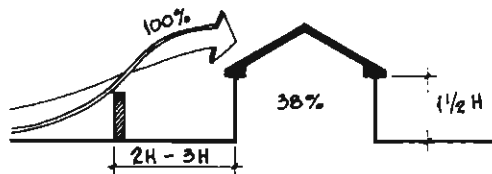
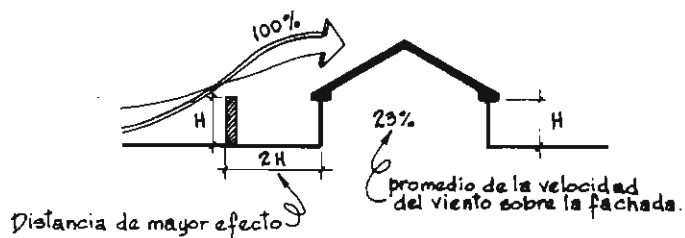


Fig. 104

DISTANCIA DE
LA BARRERA

PR MEDIO DE VELOCIDAD
DEL VIENTO SOBRE LA FACHADA

H	26%
3H	28%
4H	36%
5H	42%
6H	46%
8H	54%
10H	62%

H	42%
4H	43%
5H	47%
6H	51%
8H	58%
10H	66%

H	55%
4H	54%
5H	57%
6H	59%
8H	64%
10H	70%

H	69%
4H	68%
5H	69%
6H	70%
8H	73%
10H	77%

NOTA: barrera de 15-25%
de densidad (porosidad).

MOVIMIENTOS VERTICALES DEL FLUJO DE AIRE EN EDIFICIOS (10).

EFECTO DE CHIMENEA. (Stack effect).

El efecto de chimenea es un movimiento natural causado por diferencias térmicas y de presión del aire entre los distintos estratos, y se presenta en todo edificio, ya sea operándose por sistemas naturales o mecánicos (fig. 105, 106). Este continuo movimiento debe ser considerado en toda predicción para el confort interior y enfriamiento de cualquier construcción.

Tanto el efecto de chimenea ascendente, (ventilas, cúpulas, chimeneas, cavidades en muros...) y el efecto descendente (torres) son bien conocidos en todo el mundo.

La presión manejada por captadores de viento y las chimeneas de doble control térmico son usadas en regiones áridas y sobrecalentadas: Norte de África, Medio Este y Noroeste de Asia.

"Malkaaf Hawah", son captadores de viento de origen árabe funcionando sobre presión positiva, se usan en el norte de África y Medio Este. (fig. 107) "Bad gir" son chimeneas de doble acción térmica de origen iraní

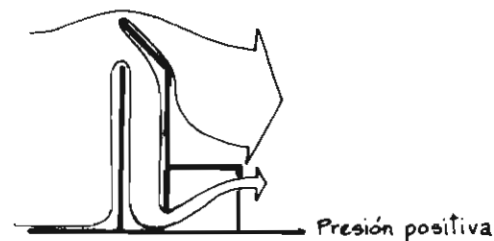


Fig. 105

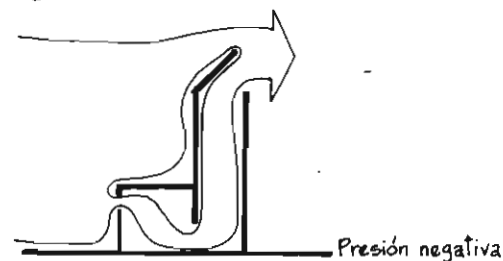


Fig. 106

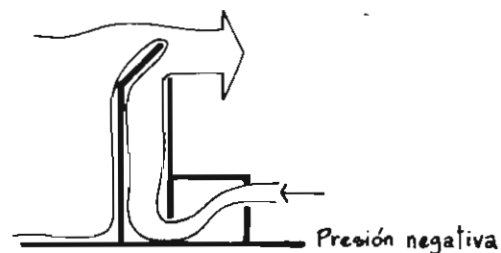


Fig. 107

MALKAAF HAWAH.

de presión positiva y encontradas en SIND y PAQUTS-TAN (10).

TORRES EOLICAS (BAD-GIR)

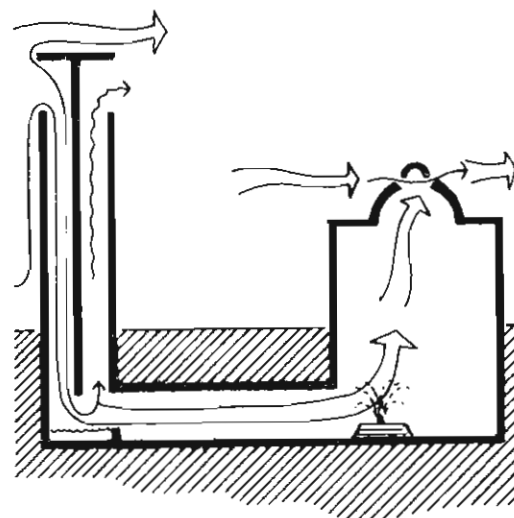
La torre típica se asemeja a una chimenea; su extremo inferior se abre al sótano y el superior sobresale del techo.

La parte superior de la torre está dividida en varias canalizaciones verticales de aire que terminan en aberturas laterales.

Los diseños de torres difieren en cuanto a altura, - sección transversal de las canalizaciones, colocación y número de aberturas y colocación de la torre con respecto de la estructura que enfría (fig. 108)

La torre funciona haciendo cambiar la temperatura y por lo tanto la densidad del aire, en su interior y en su entorno. (11)

La diferencia de densidad crea una corriente ascendente o descendente dentro de la torre. Unas puertas dispuestas en la base de la torre se abren hacia el sótano y el vestíbulo central de la planta del edificio. La corriente de aire que pasa a través de diversas partes puede regularse abriendo o cerrando las puertas de la base de la torre y de las habitaciones situadas por fuera del vestíbulo central.



Torre Eólica típica

Fig. 108

El funcionamiento de la torre depende de la hora -- del día y del estado del viento.

Cuando no hay viento por la noche, la torre actúa co -- mo una chimenea, las paredes de la torre han absorbi -- do calor durante el día por conducción, y después por convección el calor es entregado al frío aire noctur -- no situado dentro de la torre y alrededor de ella. Como el aire caliente es menos denso, disminuye la -- presión de aire en el ápice de la torre creándose -- una corriente ascendente. El aire contenido en el -- edificio es aspirado por la torre al tiempo que el -- aire frío ambiente penetra en el edificio por puertas y ventanas (fig. 109)

Cuando sopla el viento por la noche, se obliga al ai -- re a funcionar en dirección contraria, las habitacio -- nes se enfrían mediante el aire nocturno que baja -- por la torre (fig. 110)



Fig. 109

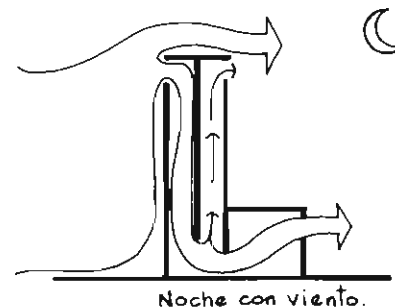


Fig. 110

Si no sopla el viento durante el día, el funcionamiento de la torre es opuesto al de una chimenea, -- las paredes de su parte superior, se han enfriado durante la noche. El cálido aire ambiente se enfría al ponerse en contacto con ellas, se hace más denso y se hunde por dentro de la torre creando una corriente descendente (fig. 111)

Cuando hay viento durante el día, aumenta la velocidad de circulación llegando a cualquier habitación - del edificio.

Naturalmente el funcionamiento de la torre no es --- constante a lo largo del día y de la noche, el efecto de enfriamiento y la duración de cada fase del funcionamiento de la torre cambian según las fluctuaciones de la temperatura del aire, intensidad de la radiación solar, velocidad del viento, etc. (fig. 112)

Las aberturas de la parte superior de la torre están dispuestas en pares, de forma que, por cada abertura en barlovento, hay una en sotavento (fig. 113) así - cuando están cerradas las puertas de la base de la torre al viento que desciende por ella, se le hace - ascender obligadamente por las canalizaciones opuestas y salir por las aberturas de sotavento.

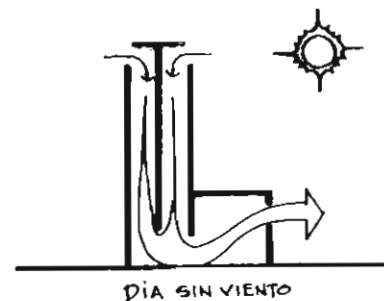


Fig. 111

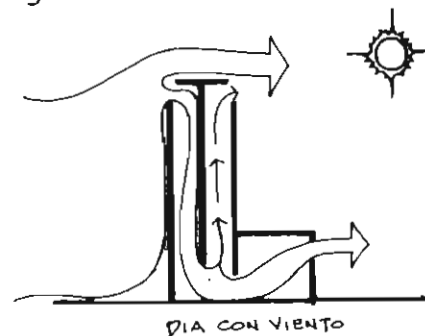


Fig. 112

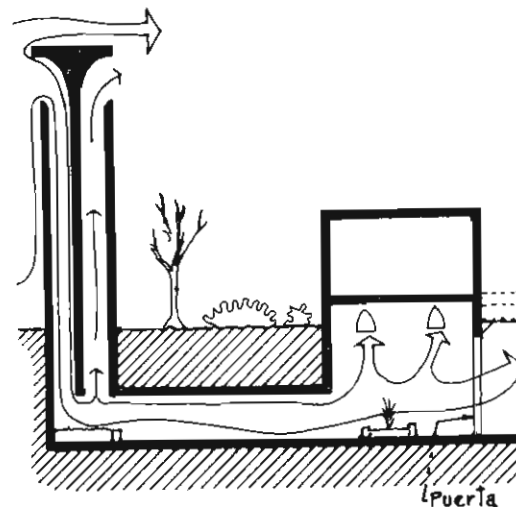


SECCION DE TORRE
(CANALIZACIONES)

Fig. 113

Hasta aquí se ha hablado solamente de los cambios de temperatura ocasionados por enfriamiento sensible, es decir cuando el aire cambia su temperatura, sin que varíe su humedad. Pero las torres, por lo general, funcionan produciendo, al mismo tiempo, en friamiento evaporativo, es decir, aumentando la humedad del aire.

Primero, porque generalmente los muros de la base y ductos enterrados están húmedos. Y segundo porque -- muy frecuentemente se coloca un estanque y una fuente en las salidas inferiores de la torre, con el fin de hacer circular al viento a través del agua para bajar la temperatura, aumentar la humedad y con esto, mejorar la sensación de confort (fig. 114). Este sistema resulta ideal en climas cálido-secos.



Torre con ducto enterrado

Fig. 114

BOVEDAS Y CUPULAS.

Los techos curvos son otra fuente de bienestar en -- climas cálidos.

Los techos curvos, cilíndricos o semiesféricos ofrecen muchas ventajas respecto a los techos planos, -- además de las evidentes ventajas estructurales.

Primero, el aire caliente acumulado en la parte superior de un techo curvo se encontrará por encima de -- la zona habitable en todo momento.

Segundo, la radiación solar recibida por un techo curvo será más fácilmente disipada por convección entre la gran superficie curva y el flujo de aire que circula velozmente sobre él.

El techo curvo es más eficiente si posee un respiradero.

El funcionamiento de un respiradero se basa en el -- hecho de que cuando el aire pasa por un objeto cilíndrico o esférico, aumenta su velocidad en el ápice -- del objeto, por lo que disminuye allí su presión. Si en el ápice hay un orificio, la diferencia de presión induce al aire caliente subyacente al techo, a salir por el orificio (fig. 115)

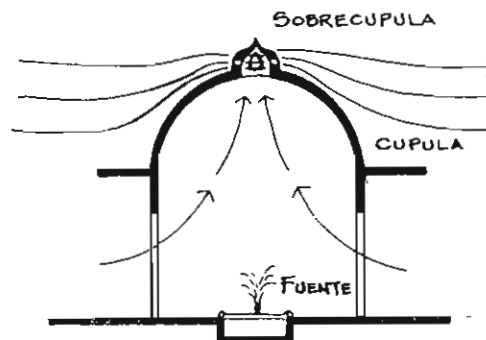
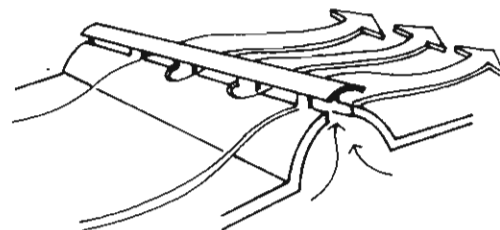


Fig. 115

Los respiraderos están protegidos por sobrecúpulas - las cuales encauzan al viento.

Los techos con respiraderos son orientados de manera que presenten la máxima curvatura al viento. En las zonas donde hay un viento predominante, se construyen techos cilíndricos de modo que el eje del cilindro sea perpendicular a la dirección del viento --- (fig. 116); en lugares donde el viento sopla de varias direcciones se emplean techos semiesféricos.

Los respiraderos generalmente se disponen sobre las salas de estar (fig. 117).



BOVEDA CILÍNDRICA

Fig. 116



BOVEDA SEMIESFERICA

Fig. 117

PATIO Y ATRIO. (10)

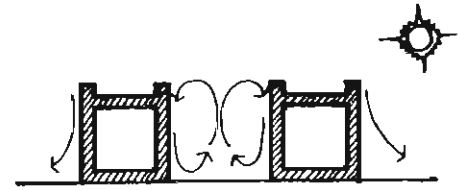
Los patios interiores y exteriores han sido usados - durante siglos por diferentes culturas y en varias - regiones del mundo. (fig. 118).

Su uso ha sido empleado principalmente por razones - de privacidad, seguridad y control climático. Los pa - tios generalmente son abiertos al cielo y pueden te - ner coberturas removibles para proveer sombra y pro - tección contra la lluvia. (fig. 119)

El atrio tradicional fue una invención griega que -- posteriormente fue adaptada y usada por los romanos.

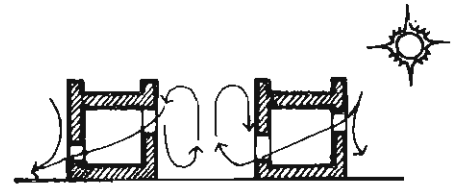
El atrio contemporáneo es diseñado principalmente pa - ra control climático. Su uso es maximizado durante - todo el año en condiciones áridas sobrecalentadas, - mientras que en condiciones cálido-húmedas su optimi - zación sólo ocurre en los períodos sin lluvias.

Cuanto más se expone una superficie al clima ambien - tial, en condiciones de bajo calentamiento, las pêrdi - das têrmicas se incrementan, por lo que generalmente los patios en estas localidades (de bajo calentamien - to) son diseñados para iluminación natural y ventila - ción de espacios interiores de edificios con una --- gran planta.



Patrones típicos de las corrientes de aire en patios con edificios cerrados.

Fig. 118



Patrones típicos de las corrientes de aire en patios con edificios con aberturas.

Fig. 119

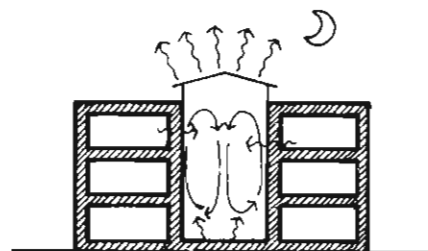
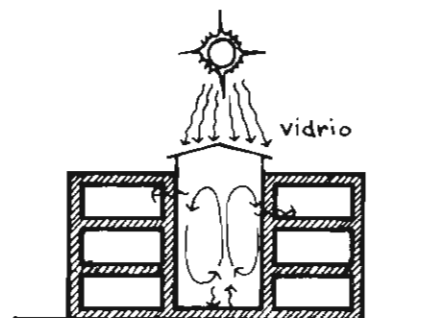
La orientación del sitio y del edificio son cruciales. Los materiales usados, en todos los casos, -- afectan el desempeño de la radiación, así como la -- cantidad y volumen de aire en movimiento.

El concepto contemporáneo de atrio es el de una máquina térmica, principalmente como elemento de ganancia de calor, aún cuando, ocasionalmente se utiliza como un recurso de enfriamiento. (fig. 120)

El atrio es generalmente localizado al centro del -- edificio, pero a veces es encontrado en una cara de la fachada donde sus funciones son muy similares a -- las de un invernadero anexo.

Los llamados atrios sin techo son clasificados como patios internos.

Las clasificaciones de atrio son dos, atrios con techo permanentemente cerrado y atrios de techo ajustable.



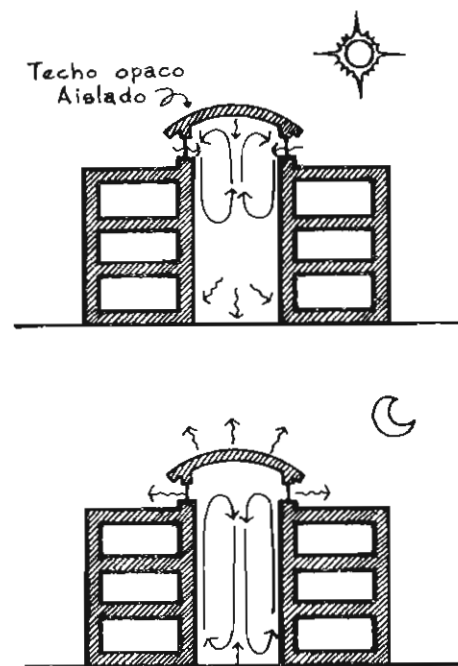
Atrio contemporáneo para calentamiento de edificios. Se muestra la convección que ocurre a causa de los cambios térmicos diarios.

Fig. 120

Si bien los atrios permanentemente cerrados son usa
dos para calentamiento de edificios, ganancia y al-
macenamiento de calor, ellos también pueden usarse
como un dispositivo para enfriar el centro, normal-
mente caliente de un edificio, por sombreado, radia
ción nocturna, convección y acciones de enfriamien-
to estratificado (fig. 121).

El atrio de techo ajustable permite una gran flexibi
lidad en la promoción de calefacción y enfriamiento;
esta flexibilidad es más útil en climas templados, -
donde las estaciones extremas pueden ser frías y ca-
lientes.

La principal dificultad en el uso de atrios de techo
ajustable es precisamente el techo ajustable. Hay va
rios tipos: deslizable, con bisagras, plegable, pivo-
teado, etc. Las variedades más pesadas tienden a cau-
sar problemas de operación y mantenimiento, por lo
que conviene que éstos sean lo más ligero posible. -
Un buen diseño y construcción evitarán problemas.



Domos o bóvedas de techos bien aisla-
dos es lo más conveniente para atrios
de techo fijo y sellados para enfriamiento.
El calor será recolectado solamente en
los niveles superiores.

Fig. 121

Ejemplos de diversos atrios:

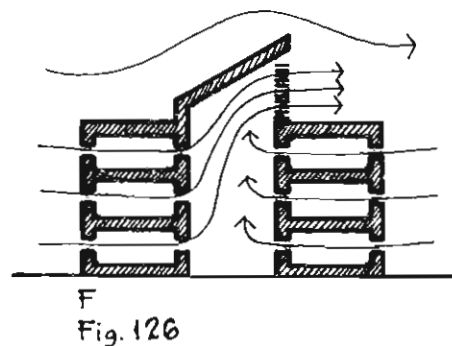
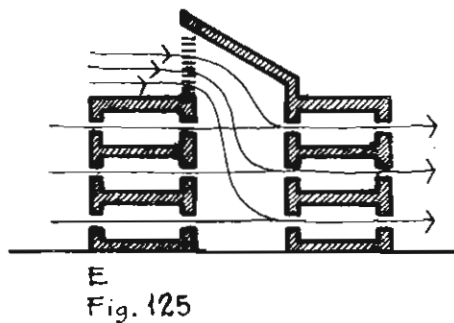
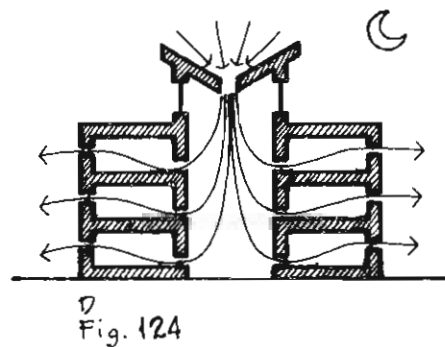
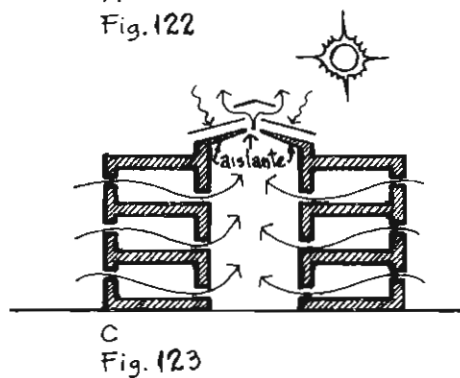
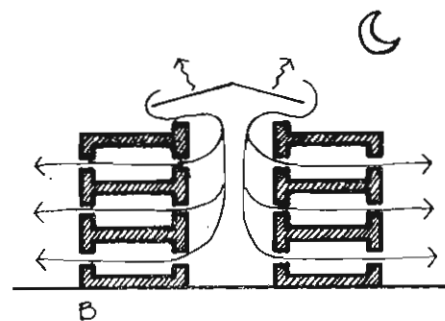
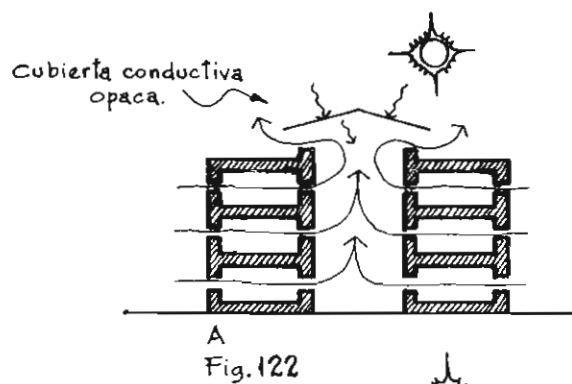
En un atrio ventilado de cubierta fija, la convección levitacional o gravitacional ayudará al enfriamiento diario (A,B) (fig. 122).

Una doble cubierta fija ejerce un mejor enfriamiento ascendente (C) (fig. 123)

Una cubierta tipo "mariposa" dirige el frío aire nocturno a través del atrio y del edificio (D) (fig. -- 124).

Atrio bajo ventilación natural de presión positiva - (E) (fig. 125)

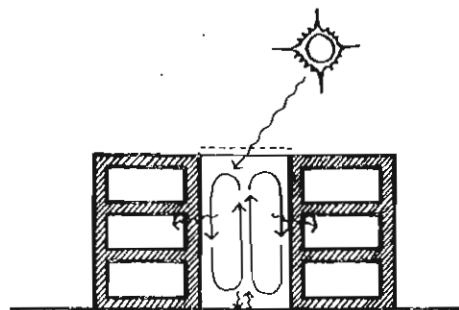
Atrio bajo ventilación natural de presión negativa - (F) (fig. 126)



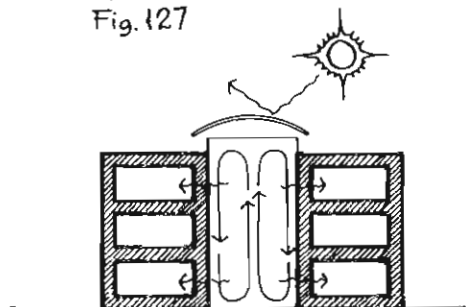
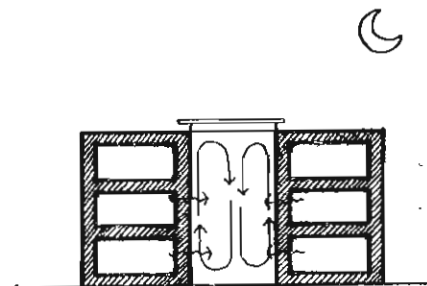
Atrio sellado de techo ajustable diseñado para calentamiento diurno y conservación nocturna (A) -- (fig. 127)

Atrio sellado de techo ajustable diseñado para conservación diurna y enfriamiento nocturno (B) (fig. 128).

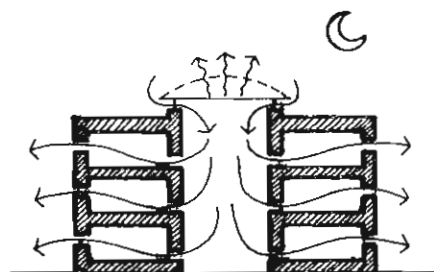
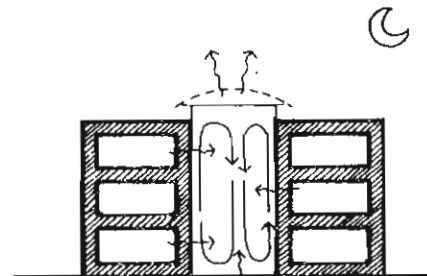
Enfriamiento nocturno a través de corrientes laterales y gravitacionales por "hundimiento" del frío de la noche (C) (fig. 129)



A
Fig. 127



B
Fig. 128



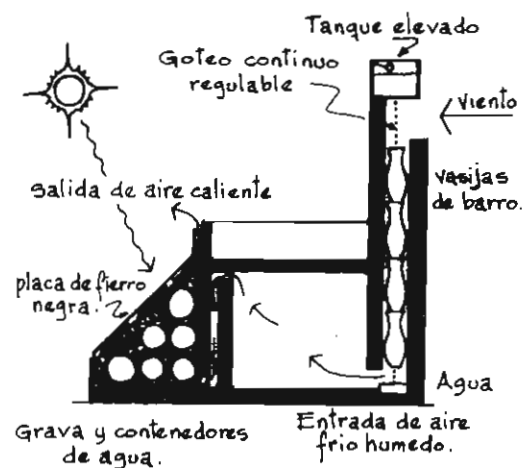
C
Fig. 129

Un atrio sellado, generalmente incrementa la humedad del espacio interior, lo cual es una ventaja en condiciones secas, pero una desventaja en condiciones húmedas.

Un elemento de bajo costo, fácil construcción y mantenimiento y que además provee un espacio agradable con gran ganancia de calor e iluminación, es el invernadero o espacio solar.

Los invernaderos aportan grandes beneficios de calentamiento a los espacios habitables y son muy convenientes en climas fríos.

También es posible invertir el ciclo de las corrientes de aire para lograr enfriamiento dentro de los locales habitables ⁽¹⁰⁾ (fig. 130)



Efecto invernadero aplicado para enfriamiento. (9)

Fig. 130

RESUMEN DE RECOMENDACIONES DE DISEÑO PARA UN MANEJO OPTIMO DEL VIENTO EN MOVIMIENTOS HORIZONTALES Y VERTICALES.

Para poder diseñar y/o elegir un sistema de ventilación adecuado, es necesario, antes, haber realizado evaluaciones bioclimáticas del lugar analizado, ya que las estrategias de diseño que deben seguirse para un clima cálido-húmedo serán muy distintas a las de un clima cálido-seco o un clima frío o templado.

En el primer caso la ventilación es la principal estrategia de diseño, en donde la construcción debe -- ser abierta y "transparente" al viento, y el área de abertura ocupará prácticamente la totalidad del muro a través de celosías, persianas o enrejados...

Mientras que en los climas cálidos, secos o fríos generalmente hay que restringir las infiltraciones y -- minimizar la ventilación debido a los vientos muy c -- lidos o muy fríos, en estos casos el área de las --- aberturas deberá ser pequeña aunque nunca menor a -- 1/10 con respecto al área de muro ⁽¹⁾

No obstante a todas estas variantes y condicionantes específicas de diseño intentaremos describir el sistema de ventilación ideal para una habitación en don -- de el flujo interior del aire es deseable:

1. Debe buscarse, sobre todo, la VENTILACION CRUZADA.
2. La orientación más adecuada es a 45° con -- respecto al viento, cuando la ventilación -- se da en muros opuestos, y a 90° cuando se da en muros adyacentes.
3. La forma de la abertura debe ser horizontal.
4. La abertura de entrada debe localizarse así métricamente y en la parte inferior del muro con el fin de inducir el flujo de aire -- sobre la "zona habitable".
5. La abertura de salida debe localizarse en -- la parte superior del muro con el fin de fa -- cilitar: la extracción del aire caliente y viciado acumulado en la parte superior de -- la habitación, y la formación del efecto -- "stack" (chimenea) en días sin viento.

Cuando se requiere mucha ventilación convie -- ne poner dos aberturas de entrada y dos de salida, una en la parte superior para elimi -- nar el aire caliente y viciado y otra en la parte inferior que garantice un flujo cons -- tante de aire sobre los habitantes propor -- cionándoles el CONFORT necesario (fig. 131)

6. Entre mayor sea el área de las aberturas, -- tanto de entrada como de salida, mayor será la ventilación.

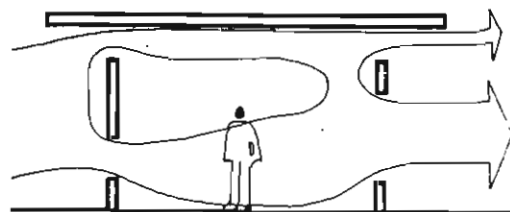


Fig. 131

7. A fin de incrementar la velocidad promedio interior del aire, es conveniente que la abertura de salida sea de mayor tamaño que la de entrada (la proporción óptima recomendada -- por Harris Sobin es de 1:1.25).
8. Debe evitarse que dispositivos de ventana -- con fines no aerodinámicos interfieran con -- el sistema de ventilación y disminuyan su -- eficiencia.
9. Debe evitarse que los muros interiores y el mobiliario obstaculicen con el flujo interior del viento.
10. Las aberturas deben de contar con dispositivos o mecanismos operables que permitan el -- control del paso del viento.

Al diseñar el tipo de ventanas se debe pensar también en el control solar adecuado, control de la lluvia, -- arena, polvo y demás elementos contaminantes, control de privacidad visual, protección contra insectos, -- etc., orientando todas nuestras acciones hacia un diseño integral.

CAPITULO IV CALCULOS DE VENTILACION

ANÁLISIS Y CÁLCULO DEL VIENTO EN LAS EDIFICACIONES

En el diseño de la ventilación es necesario considerar dos parámetros fundamentales:

- . La calidad del aire.
- . La cantidad de aire requerida.

ambas igualmente importantes.

CALIDAD DEL AIRE.

Para evaluar la calidad del aire debemos estudiar:

- . La pureza del aire exterior, el cual se va a introducir para ventilar y
- . Las fuentes contaminantes interiores.

Cuando nos encontramos en el campo, generalmente no nos preocupamos por la pureza del aire, sin embargo, en las grandes ciudades, el aire frecuentemente está contaminado.

Por ejemplo, en la Ciudad de México se vierten anualmente más de 4 millones de toneladas de contaminantes a la atmósfera, siendo el 75% de origen vehicular y el 25% emanado por fuentes fijas, registrándose contenidos de más de 300 microgramos de partículas en suspensión por metro cúbico de aire (promedio anual)

(1) siendo los principales gases contaminantes el monóxido de carbono (CO), el dióxido de azufre (SO_2), el dióxido de nitrógeno (NO_2) y el ozono (O_3).⁽²⁾

Este tipo de aire es totalmente inadecuado para la ventilación.

Bajo estas circunstancias, lo más conveniente es: -- ventilar cuando la emanación de gases contaminantes es mínima, generalmente durante la noche y aprovechar las muy importantes funciones purificadoras de la VEGETACION.

Si nos encontramos en una habitación sin ventilación rápidamente tendremos una sensación desagradable de incomodidad, ya que se empezarán a alterar las propiedades benignas y necesarias de tipo físico-químico-biológicas del aire.

Habrán cambios higrotérmicos y deterioro progresivo del aire debido principalmente al aumento de la concentración de dióxido de carbono (CO_2) que resulta tanto de los procesos normales de oxidación celular como de las combustiones corporales,⁽³⁾ pero, además de este deterioro, existen otras muchas fuentes contaminantes dentro de una vivienda, por ejemplo:⁽⁴⁾

Monóxido de Carbono (CO)

Las principales fuentes productoras son las estufas de gas, hornos y calentadores; humo de tabaco.

Dióxido de Nitrógeno (NO_2)

Producido principalmente por el humo del tabaco y cualquier combustión en el interior.

Dióxido de Azufre (SO_2)

Producido por la combustión de combustibles fósiles.

Formaldehídos (CH_2O)

Producido por algunos materiales de construcción y muebles principalmente plásticos; humo de tabaco.

Radón (Rn)

Producido por algunos materiales de construcción pétreos y aparatos eléctricos.

Partículas suspendidas.

Fibras minerales, lana, vidrio, polvos, etc.

Productos químicos caseros.

Aerosoles, amoníaco, cloro, plaguicidas, solventes, pinturas, etc.

Otros.

Asbesto, Ozono, etc. (ver anexos)

Entre todas las fuentes contaminantes interiores, el humo de tabaco deteriora rápidamente la pureza del aire, ya que produce enormes cantidades de formaldehídos, dióxido de nitrógeno y monóxido de carbono. Es necesario evitar fumar o hacerlo en cuartos especialmente ventilados.

Con todos estos factores, determinar la pureza del aire es algo complicado ya que intervienen muchas variables específicas de cada caso en particular; sin embargo podemos determinar el requerimiento de renovación de aire basándonos en el contenido de dióxido de carbono ya que éste es, en general, la principal fuente contaminante.

El aire puro contiene aproximadamente una proporción de 0.03% de CO_2 . En zonas urbanas esta concentración se eleva frecuentemente de 0.07 a 0.1%.

Los efectos nocivos se presentan cuando se rebasa -- esta última cifra.

En una situación de régimen estacionario de producción de un gas contaminante y con una tasa fija de ventilación, se puede usar la siguiente ecuación para calcular, en forma bastante aproximada, la intensidad de ventilación requerida:⁽³⁾

$$V = \frac{g}{C_i - C_e}$$

Donde:

V = tasa de ventilación (m^3/h)

g = tasa de emisión de gas contaminante

C_i y C_e = las concentraciones del gas, (en %) en la mezcla interior y en la mezcla exterior que se introduce para ventilar.

Para efectos de cálculo puede adoptarse para cada adulto en reposo:

$g = 0.015 m^3/h$ si se desea que la concentración de CO_2 no sobrepase el umbral de 0.1%, y la ventilación se realiza introduciendo aire bastante puro con un $C_e = 0.03\%$; la tasa de ventilación sería:

$$V = \frac{0.015}{0.001 - 0.0003} = 21.4 m^3/h/persona$$

Si se introduce aire normal con 0.05% de CO_2 se requerirá una ventilación de $30 m^3/h/persona$, pero si el aire es urbano con una concentración de 0.07% de CO_2 la tasa de ventilación requerida por una persona ascenderá a $50 m^3/h$.

Para los cálculos de renovación de aire es necesario considerar que las rendijas que se forman alrededor de las puertas y ventanas pueden llegar a garantizar

los niveles adecuados de ventilación, ya que se ha estimado que un metro lineal de rendija proporciona en general, una tasa mínima de ventilación de 1.7 - m³/h aún en la ausencia de viento. (3)

CANTIDAD DE AIRE REQUERIDO.

Como vimos anteriormente, la cantidad de aire requerido para respirar está en función de la pureza o calidad del aire, pero en términos generales podemos decir que éste queda garantizado con unas pequeñas --- aberturas e incluso con las rendijas naturales del edificio.

Esto quiere decir que el diseño de la ventilación de be estar enfocado principalmente hacia el logro del CONFORT higrotérmico de los usuarios, quedando inherente la cantidad de aire vital.

En estos términos la ventilación puede ser considerada separadamente de dos formas:

- . El reemplazo o renovación del aire interno y
- . El movimiento del aire sentido por los ocupantes.

Estableciéndose dos funciones higrotérmicas. respectivamente:

- . Crear pérdidas de calor en el interior del espacio reemplazando el aire caliente y vi-
ciado con aire fresco y puro del exterior.
- . Reducir la temperatura efectiva sobre el ---
cuerpo incrementando el enfriamiento convec-

tivo y evaporativo.

Algunos autores definen a la primera función como --
VENTILACION y a la segunda como AIRE EN MOVIMIENTO o
AIREACION. (5)

VENTILACION Y AIRE EN MOVIMIENTO.

PERDIDAS DE CALOR POR VENTILACION.

La temperatura interior de una habitación puede ser elevada debido a:

- . ganancias causadas por el metabolismo basal y muscular de las personas.
- . radiación de sistemas de iluminación y equipos electromecánicos.
- . ganancias caloríficas originadas por equipos de combustión (estufas, calentadores de gas, hornos, etc).
- . ganancias solares que se dan a través de la estructura y aberturas.

La capacidad calorífica del aire varía ligeramente - con la humedad pero puede expresarse, con razonable precisión, por medio de la siguiente ecuación: ⁽⁵⁾

$$W_v = 0.33 N V_o (t_i - t_e)$$

Donde:

W_v = capacidad calorífica del aire (watts)
(pérdida de calor)

N = Número de cambios de aire/hora

V_o = Volumen del local (m^3)

t_i = Temperatura interior (de salida) ($^{\circ}C$)

t_e = temperatura exterior (de entrada) ($^{\circ}\text{C}$)

Por lo tanto el número de cambios de aire/hora necesarios para disipar una cierta cantidad de calor --- excesivo será:

$$N = \frac{W_v}{0.33 V_o (t_i - t_e)}$$

y la cantidad de aire que debe pasar cada segundo para garantizar este número de cambios es igual a:

$$Q = V_o \times N / 3600 \text{ en } (\text{m}^3/\text{seg}).$$

De tal forma las pérdidas (o ganancias) de calor por ventilación también pueden ser expresadas por:

$$W_v = 1200 Q \Delta t$$

donde:

Q = cantidad de ventilación (m^3/seg)

Δt = diferencia de temperaturas ($t_i - t_e$)

CANTIDAD DE AIRE QUE PASA A TRAVES DE UNA VENTANA.

Una vez conocida la cantidad de aire requerida para la disipación de calor, podemos proceder al dimensionamiento de las aberturas.

En una habitación con ventilación cruzada, la cantidad de aire que pasa por una abertura depende directamente de:

- . el área de la abertura.
- . la velocidad del viento.
- . la dirección del viento con respecto al plano de la ventana y
- . la relación que existe entre el área de la -
abertura de entrada y el área de la abertura
de salida.

de tal forma:

$$Q = r V A (\text{sen } \theta)$$

donde:

Q = cantidad de aire (m^3/seg)

V = velocidad del viento (m/seg)

A = área de la abertura de entrada.

θ = ángulo que forman la dirección del viento
y el plano de la ventana.

r = relación entre la abertura de entrada y sa
lida.

$$r = 0.5971108 \times fr \text{ (factor de relación)}$$

$\frac{\text{área de salida}}{\text{área de entrada}}$			$fr \text{ (factor de relación)}$
5:1	=	5	1.38
4:1	=	4	1.37
3:1	=	3	1.33
2:1	=	2	1.26
1:1	=	1	1.0
3:4	=	0.75	0.84
1:2	=	0.50	0.63
1:4	=	0.25	0.34

Conversión de fórmula (según Olgyay) a medidas métricas.

$$Q = 3150 AV \text{ (cuft/hr)}$$

donde:

Q = cantidad de aire (cuft/hr)

A = área de entrada (sqft)

V = velocidad viento (mph)

3150 = es válido si el área de entrada es igual al área de salida.

$$A = 1m \times 1m = 1m^2$$

$$3.281 \times 3.281 \text{ ft} = 10.764961 \text{ sqft.}$$

$$V = 1m/seg = 2.24 \text{ mph}$$

$$Q = 3150 \times 10.764961 \times 2.24$$

$$Q = 75957.562 \text{ cuft/hr}$$

$$\frac{75957.562 \text{ cuft}}{1 \text{ hr}} \times \frac{0.0283 \text{ (m}^3\text{)}}{3600 \text{ seg}} = 0.5971108$$

$Q = 0.5971108 \text{ m}^3/\text{seg.}$ (siendo el viento perpendicular a la entrada)

$Q = 0.5971108 \text{ AV m}^3/\text{seg.}$ (siendo el viento perpendicular a la entrada)

$$Q = 0.5971108 \text{ AV sen } \theta$$

en donde:

Q = cantidad de aire (m^3/s)

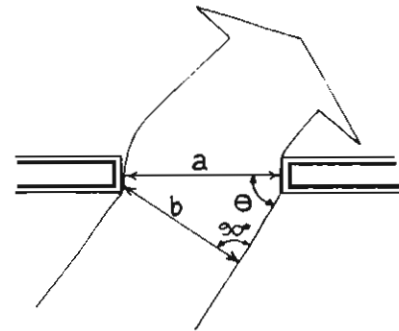
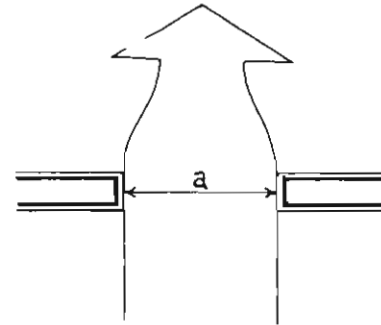
A = Area de entrada (m^2)

V = Velocidad del viento (m/s)

cuft = cubic feet (pies cúbicos)

sqft = square feet (pies cuadrados)

mph = miles per hour (millas por hora)



$$b = \text{sen } \theta \cdot a$$

$$\text{si } a = 1$$

$$b = \text{sen } \theta$$

Fig. 132

CIRCULACION CONVECTIVA.

Como ya hemos visto, el movimiento del aire a través de los edificios es debido a la existencia de diferencias de presión, la cual tiene dos orígenes:

- . Diferencias de temperatura y
- . La dirección externa del flujo de aire.

Las diferencias de temperatura pueden crear movimientos de aire dentro de los edificios por el mismo principio que causa el movimiento del aire en la atmósfera.

El aire caliente ascendente, crea una zona de baja presión debajo de la cual fluye el aire frío circundante (efecto stack).

Cuando hay aberturas a diferente altura y el aire interior es más caliente que el exterior, el aire interior fluirá hacia la zona de salida de más baja presión. (apertura más alta). (fig. 133) Mientras que la abertura más baja, jalará aire del exterior al interior del edificio.

La dirección del flujo se invertirá cuando el aire exterior sea más caliente que el interior.

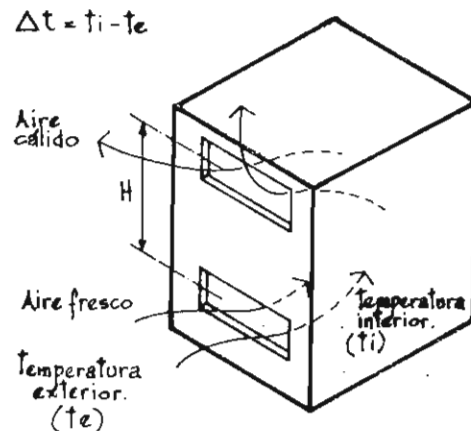


Fig. 133

La diferencia en presión y la resultante fuerza del viento se incrementará al aumentar la altura entre las aberturas: H .

El efecto stack es menos efectivo en climas cálido-húmedos, donde las diferencias de temperatura son menores.

EFFECTO DE CHIMENEA (STACK EFFECT.)

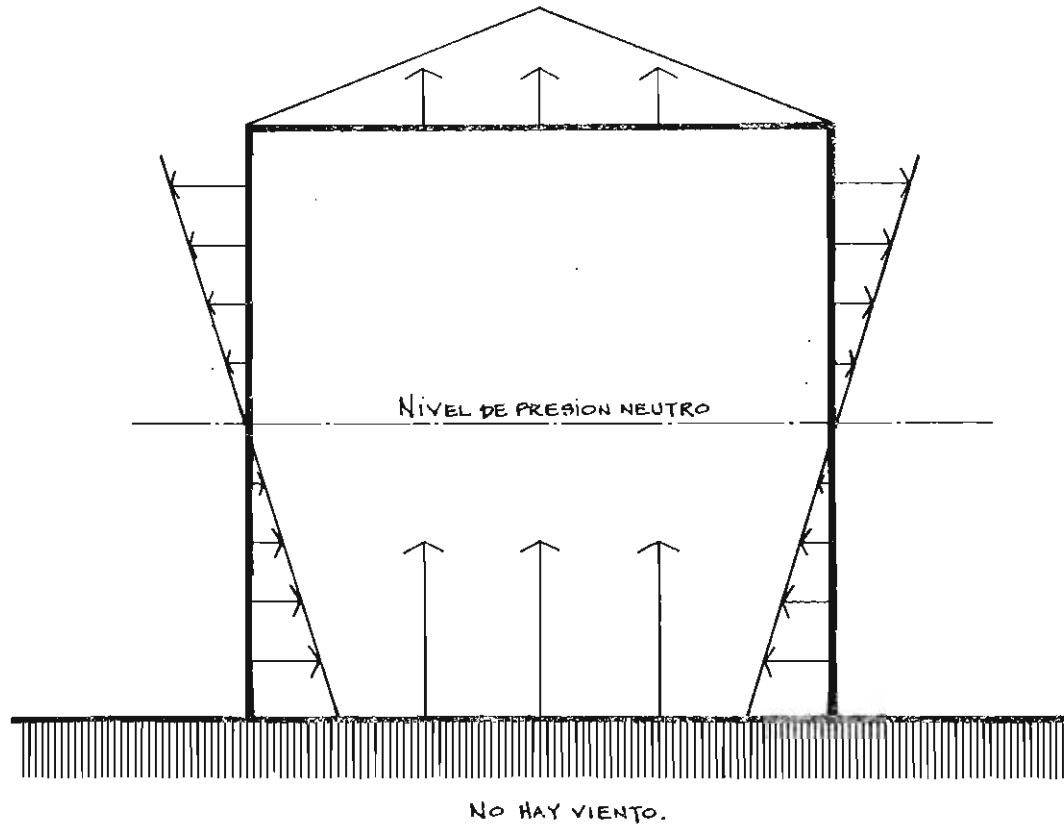


Fig. 134 Diferencias de presión causadas por el efecto termoconvectivo (chimenea o stack effect), en una estructura típica. Las flechas señalan de una presión alta a una presión baja e indican la dirección del flujo del aire.

La cantidad de flujo de aire que se obtiene por el efecto stack, puede ser estimada por la siguiente ecuación:

$$Q = r A \sqrt{H (t_e - t_s)}$$

donde:

- Q = cantidad de aire (m^3/seg)
 r = relación de tamaño entre la abertura de entrada y salida.
 A = área de la abertura de entrada (m^2)
 H = altura entre la entrada y la salida (m)
 t_e = temperatura de entrada ($^{\circ}C$)
 t_s = temperatura de salida ($^{\circ}C$)

donde: $r = 0.111 \times fr$ (factor de relación entre el área de entrada y la de salida)

FACTOR DE LA RELACION Fr

<u>area de salida</u> <u>area de entrada</u>		<u>fr (factor</u> <u>de relación)</u>
1:1	=	1
2:1	=	1.26
3:1	=	1.33
4:1	=	1.37
5:1	=	1.38
3:4	=	0.84
1:2	=	0.63
1:4	=	0.34

Conversión de fórmula (según Olgyay) a medidas métricas.
Efecto Stack.

$$Q = 540 \ A \sqrt{H (t_e - t_s)}$$

donde:

Q = cantidad de aire (cuft/h)

A = área de entrada (sqft)

H = altura entre aberturas (ft)

t_e = temperatura entrada (°F)

t_s = temperatura salida (°F)

$$A = 1m \times 1m = 1m^2$$

$$3.281 \times 3.281 \text{ ft} = 10.764961 \text{ sqft}$$

$$H = 1m = 3.281 \text{ ft}$$

$$\Delta t = 1^\circ C = 1.8^\circ F$$

$$Q = 540 \times 10.764961 \sqrt{3.281 (1.8)}$$

$$Q = 14,126.857 \frac{\text{cuft}}{h} \times \frac{0.0283 \text{ m}^3}{3600 \text{ seg}} = 0.111 \text{ m}^3/s$$

(0.1110776)

$$Q = 0.111 \ A \sqrt{H (t_e - t_s)}$$

Q = cantidad de aire (m³/seg)

A = área de entrada (m²)

H = altura entre aberturas (m)

t_e = temperatura entrada (°C)

t_s = temperatura salida (°C)

Velocidad del viento en las entradas debido al efecto Stack (chimenea) (donde la entrada y la salida -- son de tamaño similar). En metros por segundo * B.H. Evans. (fig. 134)

Por ejemplo: la gráfica muestra que para alcanzar velocidades de 0.5 m/s se requiere una diferencia de temperatura de 10°C con una altura entre ventanas (aberturas) de 1.8 metros (fig. 135).

Nota: este incremento de temperatura no es aceptable en espacios habitables, pero sí se puede dar en partes o elementos del edificio donde su principal función sea, precisamente crear un "tiro" de aire (chimenea solar). *B.H. Evans

*Nota: B.H. Evans⁽⁵⁾ utiliza un factor de relación de ventana 0.121; donde $Q = 0.121 \times f_r \times A \sqrt{H (t_e - t_s)}$

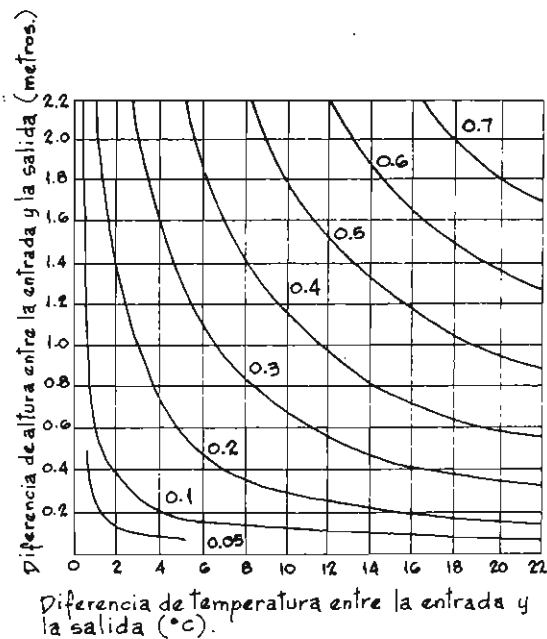


Fig. 135

MOVIMIENTO DE AIRE SOBRE EL CUERPO.

La acción del aire sobre el cuerpo de los habitantes es el principal factor en términos de confort.

El viento afecta el balance térmico de dos maneras:

- . por convección
- . por evaporación

CONVECCION.

La convección depende principalmente de la postura y LA VESTIMENTA.

En un cuerpo desnudo, sin ropa, los intercambios de calor por RADIACION y por CONVECCION pueden ser determinados separadamente midiendo la temperatura promedio de la piel, la temperatura del aire ambiente, la temperatura radiante media y la velocidad del --aire; sin embargo la situación es muy complicada ---cuando el cuerpo está arropado, ya que existen tres sistemas diferentes de intercambio⁽⁶⁾:

- . entre las partes del cuerpo arropadas y la -ropa.
- . entre la ropa y el medio ambiente circundante.
- . entre las partes del cuerpo desnudas (o ex--puestas) y el medio ambiente.

siendo los grados de radiación y convección diferentes en cada uno de estos sistemas.

Por esta razón es casi imposible determinar separadamente los intercambios de calor convectivos y radiantes.

Estos intercambios actuando simultáneamente se definen como:

- . Intercambio de calor seco.

El intercambio de calor seco está en función de:

- . la temperatura ambiente (temperatura radiante media, medida con termómetro de globo)
- . la velocidad del aire.

Los coeficientes del intercambio de calor seco dependen de la vestimenta. ⁽⁷⁾

$$(R + C_v) = (2.16 + 0.636 V^{0.5}) (t_g - 35)$$

donde:

$(R + C_v)$ = intercambio de calor seco (Kcal/hr/persona)

V = velocidad del aire (f pm)

t_g = temperatura de globo (°C)

35°C : temperatura de la piel igual a la temperatura del aire a baja humedad.

en gramos de sudor por hora la fórmula se convierte en:

$$(R + Cv) = (3.6 + 1.06 v^{0.5}) (tg - 35)$$

EVAPORACION.

La eficiencia del enfriamiento evaporativo depende - del grado de evaporación (e) y la máxima capacidad - evaporativa del aire (Emax).

Un incremento en el grado de evaporación o de la --- humedad del aire reducirá la eficiencia del enfria--- miento evaporativo.

El enfriamiento evaporativo requerido (E) puede ser expresado por la siguiente fórmula:

$$E = M - W + (R + C)$$

donde:

M = grado metabólico

W = trabajo mecánico hecho por el cuerpo

(R + Cv) = intercambio de calor seco.

Substituyendo los valores numéricos respectivos (con siderando ropa ligera de verano):

$$E = M - 0.2 (M-100)^{\frac{1}{4}} (2.16 + 0.636 v^{0.5}) (tg-35);$$

Kcal/hr.

$$E = M - 0.2 (M-170)^{\frac{1}{4}} (3.6 + 1.06 v^{0.5}) (tg-35);$$

-- gramos de sudor/hr.

La máxima capacidad evaporativa del aire depende:

- . de la velocidad del aire.
- . de la presión de vapor diferencial entre la piel y el aire.
- . de la vestimenta.

$$Em_{\max} = 6V^{0.3} (46 - P_{va})$$

donde:

Em_{\max} = capacidad evaporativa máxima (Kcal/hr/persona)

V = velocidad del aire (fpm)

46 mmHg = máxima presión de vapor correspondiente a la temperatura de la piel (36.5°C)

P_{va} = presión de vapor del aire (mm Hg)

en gramos de sudor por hora:

$$Em_{\max} = 10 V^{0.3} (46 - P_{va})$$

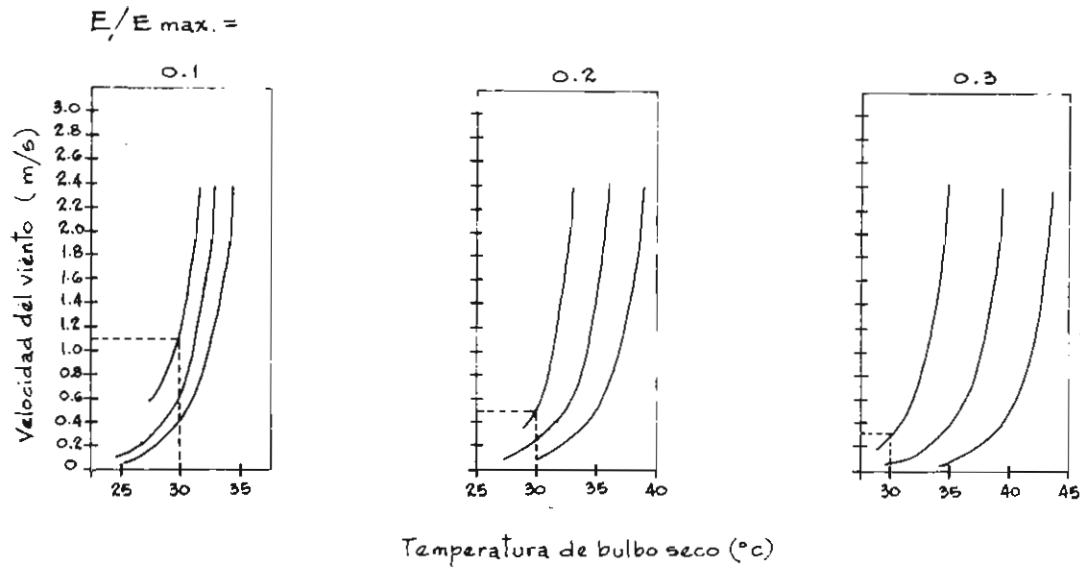
La velocidad de aire requerida para alcanzar el estado de CONFORT está determinada por la capacidad evaporativa del aire, la temperatura y la relación E/Em_{\max} .

Givoni⁽⁶⁾ establece que el valor óptimo de E/Em_{\max} es ligeramente abajo de 0.1 pero 0.3 es un valor aceptable.⁽⁶⁾

Las velocidades de aire necesarias para obtener tales condiciones se muestran en la {fig. 136}

Como puede verse, a una temperatura de 30°C y una presión de vapor de 30 mm Hg, la velocidad de viento requerida para obtener una relación $E/E_{\text{máx}}$ de 0.1, es de 1.1 metros/seg.

Para cálculos de confort específicos más precisos se recomienda consultar las referencias (6 y 7) de este capítulo.



Velocidad de aire requerida para diferentes relaciones de $E/E_{\max.}$ (0.1, 0.2, 0.3) para personas en reposo con ropa ligera a diferentes temperaturas y presión de vapor.

Fig. 136

CAPITULO V DISEÑO DE LA VENTILACION

Primer caso: CIUDAD DE MEXICO.

En la Ciudad de México la ventilación, como estrategia de diseño bioclimático, no es importante, ya que tan sólo es requerida en un 4.0% de un día promedio de Abril, representando el 0.3% del total anual.

En esta ciudad se está en estado de confort el 21.8% del tiempo, mientras que en el 77.9% se requiere de calentamiento.

No obstante, dadas las características muy particulares de esta gran metrópoli, la ventilación es un parámetro que debe ser cuidado con atención, en primer lugar porque generalmente se cuenta con un aire muy contaminado, por lo que debe ser tratado en forma especial antes de introducirlo a la vivienda. Para ello se recomienda utilizar mucha vegetación y ventilar - cuando la emisión de contaminantes sea mínima, generalmente durante la noche.

En segundo lugar, la ventilación debe ser utilizada para disipar las ganancias de calor excesivas que se dan en los espacios interiores debido principalmente a las pérdidas de calor metabólico de los usuarios, por radiación de aparatos electromecánicos y a las ganancias solares acumuladas y transmitidas por la estructura.

CARTA BIOCLIMATICA

PARA EXTERIORES

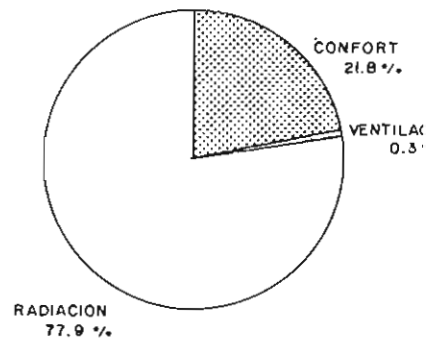
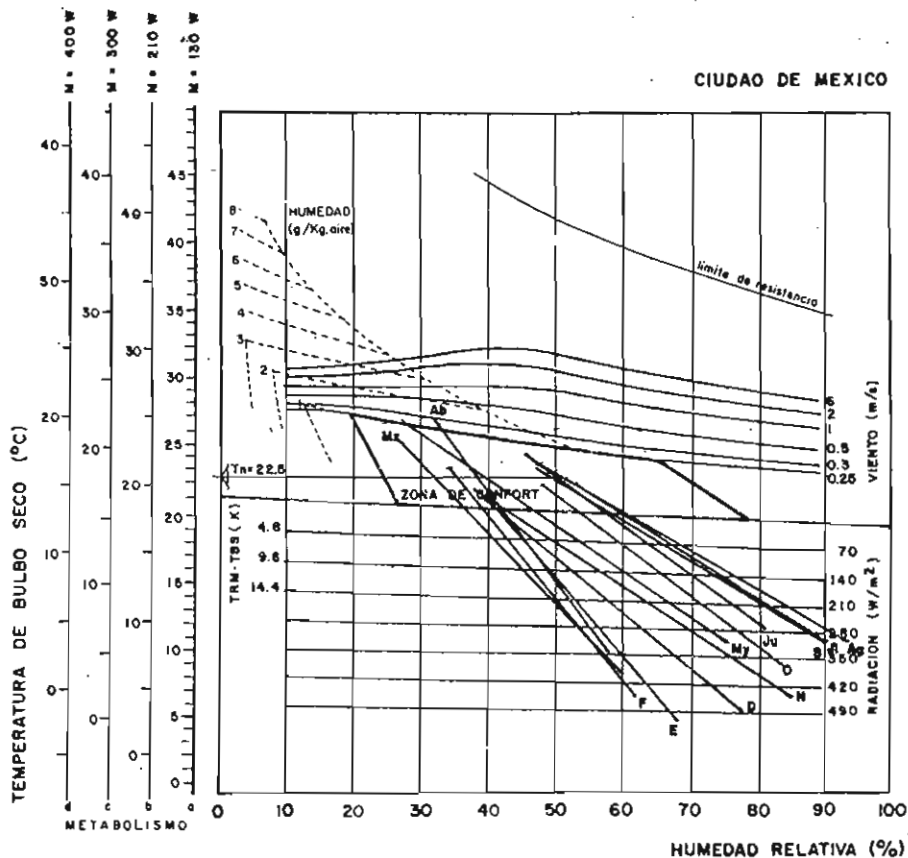
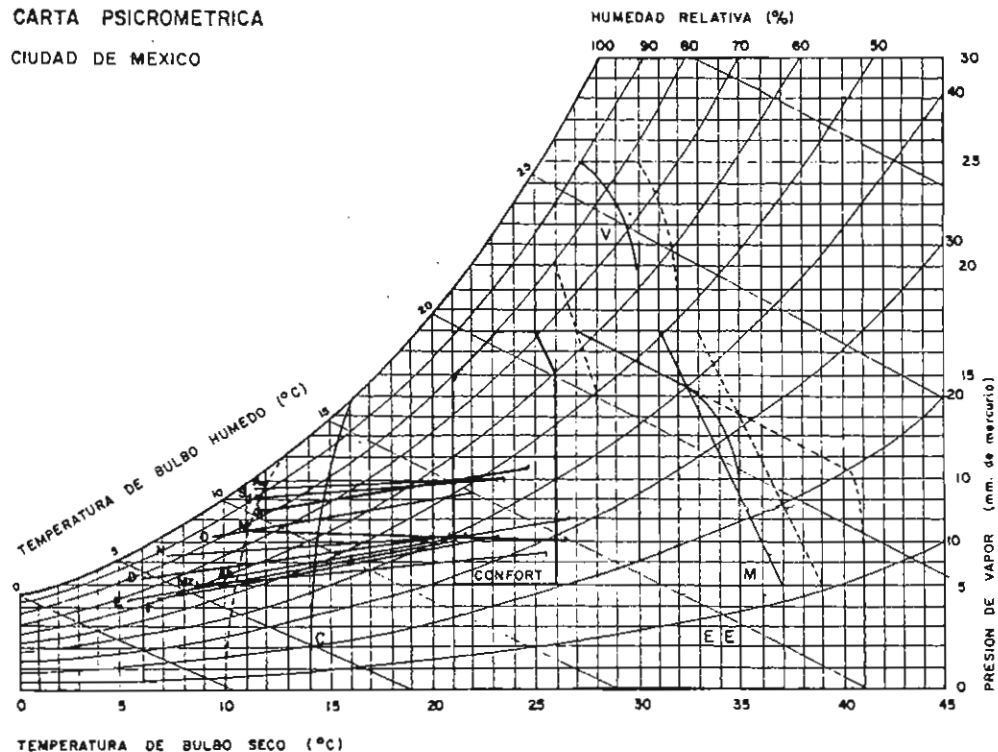


DIAGRAMA BIOCLIMATICO

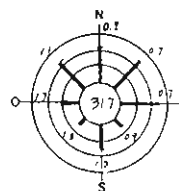
PARA INTERIORES

CARTA PSICROMETRICA

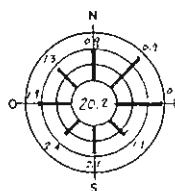
CIUDAD DE MEXICO



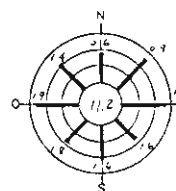
CIUDAD	LATITUD	LONGITUD	ALTITUD
CIUDAD DE MEXICO D.F.	19°24' N	99°12' W	2308 msnm



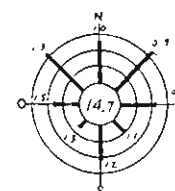
ENERO



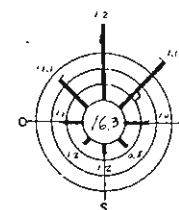
FEBRERO



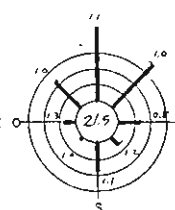
MARZO



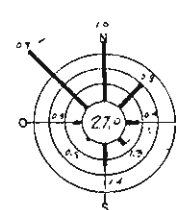
ABRIL



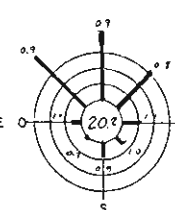
MAYO



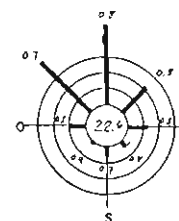
JUNIO



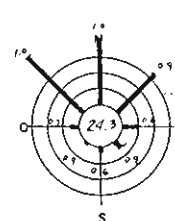
JULIO



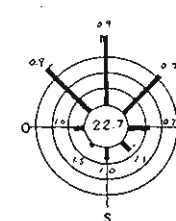
AGOSTO



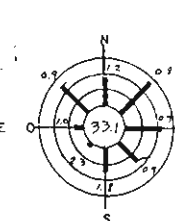
SEPTIEMBRE



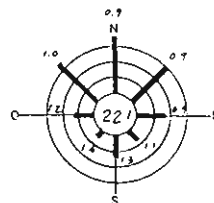
OCTUBRE



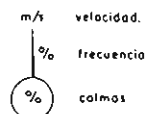
NOVIEMBRE



DICIEMBRE



ANUAL



VIENTO

ESTADO	DISTRITO FEDERAL	LATITUD	LONGITUD	ALTITUD
		19°24' N	99°12' W	2308 msnm

MES	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	% cálmes
ENERO	11.2 0.7	13.0 0.7	13.1 0.7	4.2 0.9	7.3 1.5	2.9 1.8	5.1 1.7	12.1 1.1	31.7
FEBRERO	10.0 0.9	13.8 0.9	14.6 0.9	6.4 1.1	8.9 2.1	6.5 2.4	11.3 1.9	8.4 1.3	20.2
MARZO	9.1 0.6	12.8 0.9	13.1 1.1	8.9 1.6	0.2 1.6	9.8 1.8	13.9 1.9	11.6 1.4	11.2
ABRIL	13.5 1.0	17.2 0.9	11.7 0.9	5.1 1.1	10.3 1.2	3.9 1.3	7.7 1.5	16.0 1.3	14.7
MAYO	24.4 1.2	21.6 1.1	7.3 1.0	4.2 0.8	3.9 1.2	3.3 1.2	5.7 1.1	13.1 1.1	16.3
JUNIO	23.1 1.1	19.8 1.0	6.5 0.8	3.1 1.2	8.5 1.1	1.8 1.0	3.8 1.3	12.2 1.0	21.5
JULIO	18.9 1.0	10.0 0.8	4.5 0.9	3.6 1.3	6.4 1.4	0.5 0.5	2.7 0.9	26.4 0.9	27.0
AGOSTO	23.0 0.9	15.4 0.8	5.3 1.1	3.3 1.0	4.8 0.9	0.9 0.7	3.7 1.0	23.4 0.9	20.2
SEPTIEMBRE	26.4 0.8	11.2 0.8	5.8 0.8	2.6 0.8	2.9 0.7	1.3 0.9	4.9 0.8	22.6 0.7	22.6
OCTUBRE	21.0 1.0	16.5 0.9	4.7 0.6	3.1 0.9	1.7 0.6	0.9 0.9	2.5 0.7	25.2 1.0	24.3
NOVIEMBRE	22.3 0.9	15.6 0.7	6.1 0.7	3.9 1.1	4.2 1.0	1.4 1.5	3.8 1.0	20.4 0.9	22.7
DICIEMBRE	8.0 1.2	13.5 0.8	11.3 0.7	8.1 0.9	7.5 1.8	1.9 2.3	3.9 1.0	12.5 0.9	33.1

ANUAL	17.6 0.9	15.0 0.9	8.7 0.9	4.7 1.1	6.4 1.3	2.9 1.4	5.7 1.2	17.0 1.0	22.1
-------	-------------	-------------	------------	------------	------------	------------	------------	-------------	------

FRECUENCIA



VELOCIDAD

Ejemplo 1

Caso: Cd. de México lat. $19^{\circ}24'$

Problema: diseño de aberturas para ventilación en --
una habitación (aislada)

Datos Climatológicos Generales.

	Bajo Calentamiento Enero	Sobre Calentamiento Junio
Temp. máx.	21.0°C	24.8°C
Temp. med.	13.1	18.5
Temp. mín.	5.3	12.1
Humedad R.	38 %	47 %
<u>Viento.</u>		
dirección	NE	N
frecuencia	13.1%	23.1%
velocidad	0.7 m/s	1.1 m/s
radiación	336 lg	429 lg

Datos de la habitación.

dimensiones: 4.00 x 5.00 m.

altura interior: 2.40 m.

materiales:

- . losa de concreto
- . muros de tabique 14 cm
- . aplanado exterior de mortero
- . aplanado interior de yeso
- . vidrio común en ventanas 4 mm.

Planteamiento del Problema.

Diseñar y calcular la ventilación para una habitación aislada de 4.00 x 5.00 m y una altura libre interior de 2.40 m. en donde se encuentran cinco personas reunidas viendo un televisor a color.

1. ¿Cuál es la demanda de aire, si cada persona produce 0.015 m³/h de CO₂, si se desea que la concentración no sobrepase el 0.1% de CO₂ cuando la ventilación se realiza introduciendo aire con una concentración de 0.07% de CO₂?

$$V = \frac{G}{Cx - Ce} \quad V = \frac{0.015}{0.001 - 0.0007} = 50 \text{ m}^3/\text{h/persona}$$

$$50 \text{ m}^3/\text{h} \times 5 \text{ personas} = 250 \text{ m}^3/\text{h}$$

2. ¿Cuántas renovaciones de aire por hora se necesitan tener en la habitación?

$$\text{volumen del cuarto} = 4.00 \times 5.00 \times 2.40 = 48 \text{ m}^3$$

$$250 \text{ m}^3/\text{h} \div 48 \text{ m}^3 = 5.2 \text{ renovaciones/hora}$$

3. Si el área de la abertura de entrada es de 1 m² al igual que el área de salida y la puerta de acceso a la habitación es de 0.80 x 2.40 m. ¿Qué cantidad de aire entrará, aproximadamente, por las ranuras,

suponiendo que tanto la puerta como las ventanas están cerradas?

perímetro de las dos ventanas = 8 m.

perímetro de la puerta = 6.4 m.

perímetro total de ranura = 14.4 m.

$14.4 \text{ m} \times 1 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}$. de ranura aprox.
 $= 14.4 \text{ m}^3/\text{h}$.

4. Si la ventana está orientada hacia el Norte, ¿Qué cantidad de aire entrará por la ventana cuando -- ambas aberturas (entrada y salida) están abier--
tas? para el período de bajo calentamiento y el -
de sobrecalentamiento.

ENERO velocidad = 0.7 m/s direcc. NE.

$Q = K A \sin \theta$ $Q = 0.5971108 \times 0.7 \text{ m/s} \times 1 \text{ m}^2 \times 0.70711$

$Q = 0.29556 \text{ m}^3/\text{seg}$. $Q = 1064.0 \text{ m}^3/\text{h}$.

$1064.00/48 \text{ m}^3 = 22.17$ cambios de aire/hora

JUNIO velocidad = 1.1 m/s dirección N

$Q = 0.5971108 \times 1.1 \text{ m/s} \times 1 \text{ m}^2 \times 1$

$Q = 0.65682 \text{ m}^3/\text{s}$ $Q = 2364.56 \text{ m}^3/\text{h}$

$2364.56/48 \text{ m}^3 = 49.26$ renovaciones/h

5. ¿De qué tamaño deberán ser las aberturas si se de
sea dejar pasar únicamente la demanda mínima de -
aire ($250 \text{ m}^3/\text{h}$) en el mes de junio?

$$250 \text{ m}^3/\text{h} = 0.06944 \text{ m}^3/\text{seg.}$$

$$A = \frac{Q}{\pi V \sin \theta} \quad A = \frac{0.06944}{0.5971108 \times 1.1} = 0.1057 \text{ m}^2$$

aprox. $0.33 \times 0.33 \text{ m}$.

6. Si no hubiera viento, pero existiera una diferencia de temperatura (Δt) entre el aire exterior -- (que entra) y el aire interior (que sale) de 3°C y existiera una diferencia de altura (Δd) entre las aberturas de entrada y salida de 1.80 m , conservándose el área de las ventanas de $1 \text{ m}^2 \text{ c/u}$. ¿Cuál será la velocidad del flujo de aire que se crearía por efecto stack?

$$V = 0.121 \quad A \sqrt{H (t_i - t_e)} \quad H = \Delta d$$

$$V = 0.121 \times 1 \text{ m}^2 \times 1.80 (3^\circ\text{C})$$

$$V = 0.2812 \text{ m/seg.}$$

7. ¿Cuál será la cantidad de aire que entraría debido a este flujo?

$$Q = \pi V A \sin \theta \quad Q = 0.5971108 \times 0.2812 \times 1 \text{ m}^2 \times 1$$

$$Q = 0.16789 \text{ m}^3/\text{seg} \quad Q = 604.42 \text{ m}^3/\text{hora}$$

$$604.42/48 \text{ m}^3 = 12.59 \text{ renovaciones/hora}$$

8. Si la ganancia solar transferida a la habitación a través de los muros y losa es de 1500 watts y la radiación difusa que penetra por las ventanas nos aporta una ganancia calorífica de 600 watts. Considerando la temperatura máxima del mes de junio de 24.8°C y que las ganancias caloríficas - internas son de 115 w/persona y 250 w del televisor a color:

¿Cuántos cambios de aire por hora se necesitarán para mantener la temperatura interior por debajo de 28°C ?

Total de Ganancias Caloríficas

radiación (conducción) 1,500

radiación (difusa) 600

115 w x 5 personas 575

250 w T.V. 250

2,925 watts

$W_v = 0.33 NV (t_i - t_e)$ V = volumen de aire

N = No. de cambios.

$$N = \frac{W_v}{0.33 V (t_i - t_e)} \quad N = \frac{2925}{0.33 \times 48 \text{ m}^3 (28 - 24.8^{\circ}\text{C})}$$

$N = 57.7$ cambios de aire/hora

$$57.7 \times 48 \text{ m}^3/\text{cambio} = 2,769.88 \text{ m}^3/\text{h} = 0.7694 \text{ m}^3/\text{seg.}$$

$$W_v = 1200 Q \Delta t \quad W_v = 1200 \times 0.7694 \times 3.2 =$$

$$2,954.5 \text{ watts}$$

9. Si el área de ambas aberturas es de 1 m^2 c/u.
 ¿A qué velocidad deberá entrar el aire para que -
 pase la cantidad de aire de $0.77 \text{ m}^3/\text{seg}.$?

$$V = \frac{Q}{\pi A \sin \theta} \quad V = \frac{0.77}{0.5971108 \times 1 \text{ m.}}$$

$$V = 1.29 \text{ m/seg.}$$

10. ¿Cuál es el área mínima de las aberturas que ga--
 rantice la disipación calorífica del punto 8 con
 una ventilación de $0.77 \text{ m}^3/\text{s}$ si la velocidad me--
 dia del viento es de 1.1 m/s ?

$$A = \frac{Q}{\pi V \sin \theta} \quad A = \frac{0.77}{0.5971108 \times 1.1 \text{ m/s}}$$

$$A = 1.172 \text{ m}^2$$

$$\text{aprox. } 1.08 \times 1.08 \text{ m.}$$

11. Con esta área de 1.172 m^2 de aberturas.
 ¿Qué cantidad de aire entrará en el mes de enero
 si la velocidad del viento es de 0.7 m/s con una
 dirección NE?

$$Q = \pi A V \sin \theta \quad Q = 0.5971108 \times 1.172 \times 0.7 \times 0.70711$$

$$Q = 0.34639 \text{ m}^3/\text{seg} = Q = 1247.00 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$1247.00/48 \text{ m}^3 = 26 \text{ renovaciones/hora}$$

12. Si la abertura de entrada se conserva de 1 m^2 - pero la abertura de salida se incrementa a 2 m^2 ¿Qué cantidad de aire entrará en Enero y en Junio?

ENERO.

$$Q = (r \times 1.26) AV \sin \theta \quad Q = 0.7523596 \times 1 \times -- \\ 0.7 \times 0.70711 \\ Q = 0.3724 \text{ m}^3/\text{seg.}$$

JUNIO

$$Q = 0.7523596 \times 1 \times 1.1 \times 1 \\ Q = 0.82759 \text{ m}^3/\text{seg.} \quad Q = 2979.34 \text{ m}^3/\text{hora}$$

13. ¿Qué área deberán tener ambas aberturas para garantizar un paso de aire de $0.77 \text{ m}^3/\text{s}$ en el mes de junio, conservando la relación de ventanas -- 1:2?

$$A = \frac{Q}{(r \times 1.26) V \sin \theta} \quad A = \frac{0.77}{0.75236 \times 1.1}$$

$$\text{Area de entrada} = 0.93 \text{ m}^2$$

$$\text{aprox. } 0.96 \times 0.96 \text{ m.}$$

$$\text{Area de salida} = 1.86 \text{ m}^2$$

$$\text{aprox. } 1.36 \times 1.36 \text{ m.}$$

14. Si la velocidad del aire de entrada quiere incrementarse a 2 m/seg. manteniendo la misma cantidad de aire de $0.77 \text{ m}^3/\text{seg.}$ ¿a qué área deberá ser reducida la ventana para aprovechar el efecto venturi?

$$A = \frac{0.77}{0.75236 \times 2 \text{ m/s}} = A = 0.51 \text{ m}^2 \text{ (área de entrada)}$$

aprox. $0.71 \times 0.71 \text{ m.}$

(el área de salida debe conservarse en 1.86 m^2)

CONCLUSIONES.

La ventilación es diseñada principalmente para disipar las ganancias caloríficas excesivas en el interior, ya que el requerimiento de renovación de aire es de tan sólo $250 \text{ m}^3/\text{h}$ en comparación con los $2,770 \text{ m}^3/\text{h}$ necesarios para lograr el confort térmico de los usuarios.

Se recomienda que las aberturas de entrada y salida sean del mismo tamaño y de forma horizontal, cada una con un área libre de 1.172 m^2

La abertura de entrada debe localizarse en la parte inferior y la abertura de salida en la parte superior del muro.

En ambos casos las aberturas deben ser controlables - pudiéndose cerrar o abrir cuando así se requiera; pa-

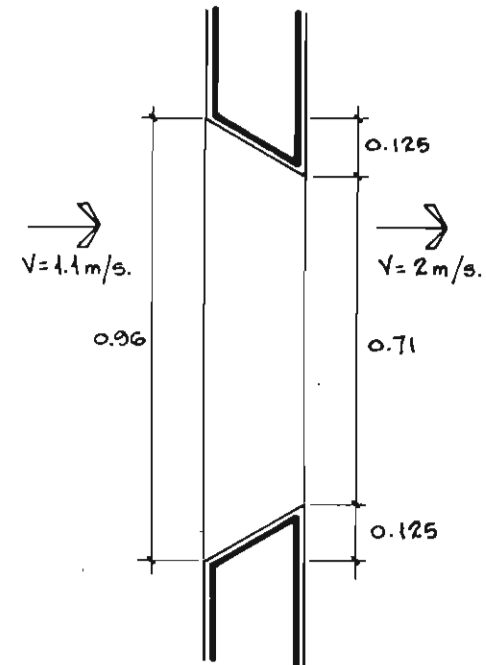
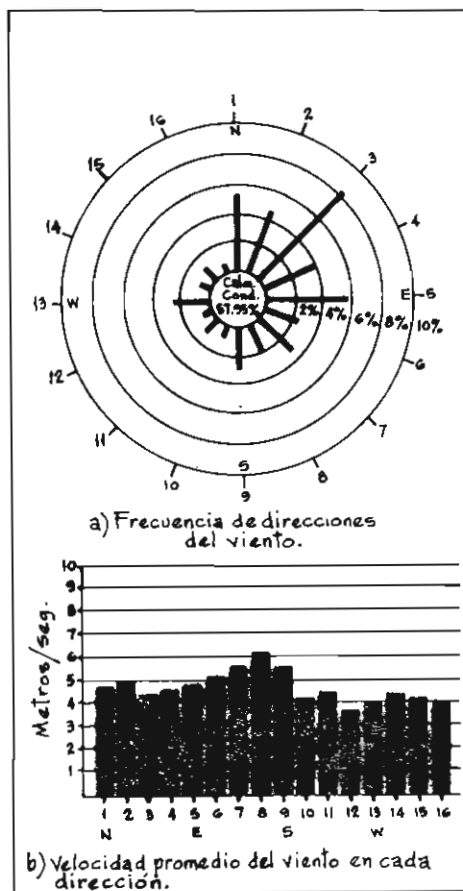


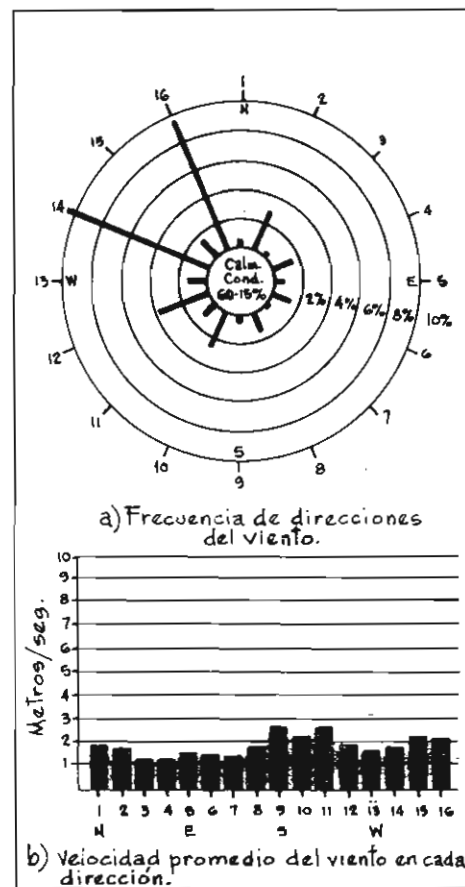
Fig. 137

ra ésto se recomienda utilizar ventanas con persianas horizontales operables.



Campo de vientos dominantes en la estación meteorológica del aeropuerto de la ciudad de México. Promedio anual durante 1971.

Fig. 138



Campo de vientos dominantes en la estación meteorológica de Tacubaya. Promedio anual durante 1971.

Ejemplo 2

Caso: Cd. de México lat. $19^{\circ} 24'$

Problema: diseño de la ventilación de una casa típica de dos niveles.

Datos Climatológicos Generales.

	Bajo Calentamiento Enero	Sobre Calentamiento Junio
Temp. máx.	21.0°C	24.8°C
Temp. med.	13.1°C	18.5
Temp. mín.	5.3	12.1
Humedad R.	38%	47%
Radiación	336 lg. (3360 Kcal/m^2) 3.907 Kwh/m^2	429 lg. (4290 Kcal/m^2) 4.98927 Kwh/m^2

VIENTO

dirección	NE	N
frecuencia	13.1%	23.1%
velocidad	0.7 m/s	1.1 m/s

Datos generales de la construcción.

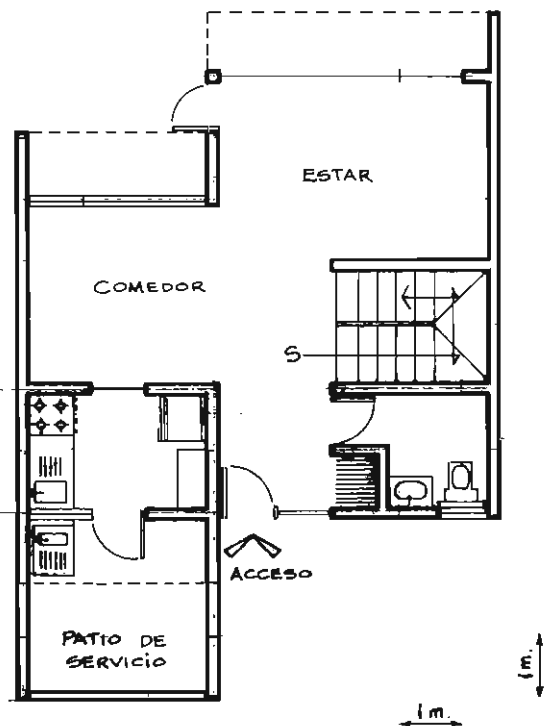
Altura libre interior de cada nivel 2.40 m.

materiales:

- . losa de concreto
- . muros de tabique 14 cm.
- . aplanado exterior de mortero
- . aplanado interior de yeso

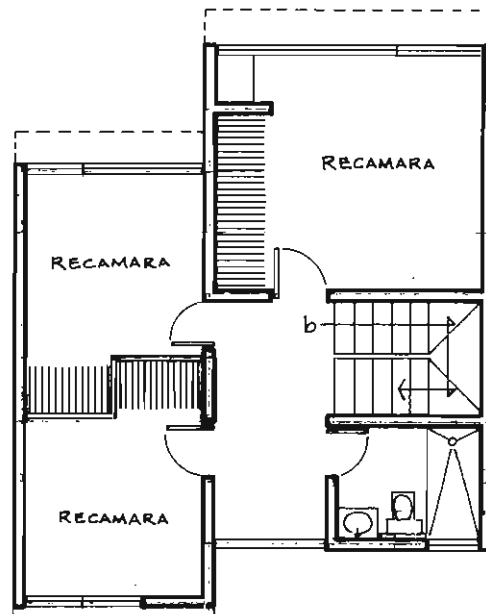


JARDIN



PLANTA BAJA

Fig. 139



PLANTA ALTA

. vidrio común en ventanas de 4 mm.

Planteamiento del problema.

Diseñar y calcular la ventilación de una casa habitada en la Ciudad de México para 5 habitantes.

1. ¿Cuál es la demanda de aire si cada persona produce $0.015 \text{ m}^3/\text{h}$ de CO_2 ; si se desea que la concentración de este gas no sobrepase el 0.1%, cuando la ventilación se realiza introduciendo aire con una concentración de 0.07% de CO_2 ?

$$V = \frac{0.015}{0.001 - 0.0007} \times 5 \text{ personas} = 250 \text{ m}^3/\text{h}$$

2. ¿Cuántas renovaciones de aire se necesitan tener en la vivienda para garantizar esta cantidad de aire vital?

Volumen de la vivienda:

$$\begin{array}{rcl} \text{P.B.} & 46 \text{ m}^2 \times 2.40 & = 110.4 \text{ m}^3 \\ \text{P.A.} & 60 \text{ m}^2 \times 2.40 & = 144.0 \text{ m}^3 \\ & & \hline & & 254.4 \text{ m}^3 \end{array}$$

$$250/254.4 = 0.98 \text{ cambios/hora}$$

Determinación de Ganancias Caloríficas.

Ciudad de México Latitud $19^\circ 24'$

día 21 de junio a las 15:00 horas.

declinación $23^\circ 27'$

Altura Solar $48^\circ 5' 40''$

Azímüt 103° 50' SW

Angulo de incidencia.

Fachada oeste = 49°26'50" cos = 0.64875

Fachada norte = 80° 48' cos = 0.15988

Radiación Solar Incidente:

$$I = K \sqrt[3]{\text{Sen } A}$$
$$I = 800 \sqrt[3]{\text{sen } 48^\circ 5' 40''} = 800 \times 0.906 =$$
$$724.80 \text{ Kcal/hm}^2$$

Radiación solar sobre fachada oeste.

$$I_w = I \times \cos 49^\circ 26' 50'' = 724.80 \times 0.64875 = 470.21$$
$$\text{Kcal/hm}^2$$

Radiación solar sobre fachada norte.

$$I_n = I \times \cos 80^\circ 48' = 724.80 \times 0.15988 = 115.88 \text{ --}$$
$$\text{Kcal/hm}^2$$

Radiación solar por coeficiente de absorción.

$$\text{Horizontal } 724.80 \times 0.7 = 507.36 \text{ Kcal/hm}^2$$

$$\text{Fachada Oeste } 470.21 \times 0.7 = 329.15 \text{ Kcal/hm}^2$$

$$\text{Fachada Norte } 115.88 \times 0.7 = 81.12 \text{ Kcal/hm}^2$$

Coeficiente de transmisión superficial.

$$f_e = 3(V) + 10; \quad f_e = (3 \times 1.1) + 10 = 13.3$$

coeficiente de transmisión de calor (U)

$$U_{\text{muros}} = 2.27$$

$$U_{\text{losa}} = 0.73$$

$$U_{\text{puertas}} = 3.00$$

$$U_{\text{vidrios}} = 5.00$$

$$\frac{U}{f_e} \text{ muros} = \frac{2.27}{13.3} = 0.1706766$$

$$\frac{U}{f_e} \text{ losa} = 0.0548872$$

$$\frac{U}{f_e} \text{ puertas} = 0.2255639$$

$$\frac{U}{f_e} \text{ vidrios} = 0.3759398$$

RADIACION EN MUROS

SUPERF. C.SOL.

$$C_{\text{sol}} = \frac{U}{f_e} \times I_{\text{norte}} = 13.84 \text{ Kcal/h m}^2 \quad 38.00 \quad 525.92$$

$$C_{\text{sol}} = \frac{U}{f_e} \times I_{\text{este}} = 56.18 \text{ Kcal/h m}^2 \quad 35.00 \quad 1963.00$$

(no se considera si la colindancia está cubierta)

RADIACION EN LOSA

$$C_{\text{sol}} = \frac{U}{f_e} \times I = 27.85 \text{ Kcal/h m}^2 \quad 60.00 \quad 1671.00$$

$$\text{Conducción } U (t_e - t_i) \quad 150 \quad 1021.50$$

(considerando colindancia descubierta)

muros	2.27 x 3.	= 6.81	80	544.8
			(considerando colindancia cubierta)	
losa	0.73 x 3.	= 2.19	60	131.0
puerta	3.00 x 3	= 9.00	2.50	22.5
vidrios	5.00 x 3	= 15.00	9.00	135.00

(con colindancia descubierta)	5,469.90 Kcal/h	3,030.22 Kcal/h	(considerando colindancia cubierta)
(con colindancia descubierta)	6,359.28 W	3,524.14 Watts	(considerando colindancia cubierta)

Disipación del calor excedente por medio de la ventilación.

Si la ganancia solar transferida a la vivienda a través de muros, losas, puertas y ventanas es de 6,359.00 watts, y considerando la temperatura máxima del mes - de junio (24.8°C) y que las ganancias caloríficas internas son de 115 w/persona y aproximadamente 1400 -- watts aportados por equipos electromecánicos, de combustión y lámparas:

¿Cuántos cambios de aire por hora se necesitarán para mantener la temperatura interior por debajo de 28°C?

TOTAL DE GANANCIAS CALORÍFICAS

Ganancias de la estructura (radiación directa y difusa)	6,359.00
115 W x 5 personas	575.00
1400 W aparatos electrodomésticos	1,400.00
	<u>8,334.00</u>

$W = 0.33 \text{ NV } (t_i - t_e)$, $V = \text{volumen de aire}$

$N = \text{número de cambios}$

$$N = \frac{W}{0.33 V (t_i - t_e)} \quad N = \frac{8334}{0.33 \times 254.4 \times (28 - 24.8^\circ \text{C})}$$

$N = 31.0 \text{ cambios de aire/hora}$

$$31 \times 254.4 = 7886.4 \text{ m}^3/\text{hora} = 2.19 \text{ m}^3/\text{seg.}$$

¿Cuál es el área mínima de las aberturas que garantiza la disipación calorífica de 8,334 watts con una ventilación de $2.1 \text{ m}^3/\text{seg.}$, si la velocidad media -- del viento es de 1.1 m/s ?

$$A = \frac{Q}{\pi V \sin \theta} \quad A = \frac{2.19}{0.5971108 \times 1.1}$$

$$A = 3.33 \text{ m}^2$$

aprox. $1.83 \times 1.83 \text{ m}$.

Con esta área de 3.33 m^2 ¿Qué cantidad de aire entra rá en el mes de enero si la velocidad del viento es de 0.7 m/s y la dirección NE?

$$Q = \pi A V \sin \theta \quad Q = 0.5971108 \times 3.33 \times 0.7 \times 0.70711$$

$$Q = 0.984 \text{ m}^3/\text{seg.} \quad Q = 3543.12 \text{ m}^3/\text{h}$$

13. cambios de aire/hora

Dimensionamiento de Ventanas.

Area total de aberturas de entrada 3.33 m^2

Vestíbulo PB 1.70 m^2

Vestíbulo PA 0.80 m^2

Recámara PA n 0.80 m^2

relación óptima salida/entrada 1.25

Area total de aberturas de salida 4.17 m^2

apertura comedor P.B. 1.17 m^2

estar P.B. 1.0 m^2

recámara P.A. 1.0 m^2

recámara ppal. 1.0 m^2

Si no hubiera viento, pero existiera una diferencia - de temperatura (t_i) entre el aire exterior (que entra) y el aire interior (que sale) de 3°C y existiera una diferencia de altura (Δd) entre las aberturas de entrada y salida de 1 m. con un área de 3.33 m^2 respectivamente, ¿Cuál será la velocidad del flujo de aire que se creará debido al efecto stack?

$$V = 0.121 \text{ A } \sqrt{H (t_i - t_e)} \quad H = \Delta d$$

$$V = 0.121 \times 3.33 \times \sqrt{1.0 \times 3}$$

$$V = 0.6979 \text{ m/s}$$

¿Cuál será la cantidad de aire que entrará debido a - este flujo?

$$Q = rva \sin \theta \quad Q = 0.5971108 \times 0.6979 \times 3.33 \times 1$$

$$Q = 1.3876 \text{ m}^3/\text{seg} \quad Q = 4995 \text{ m}^3/\text{hora}$$

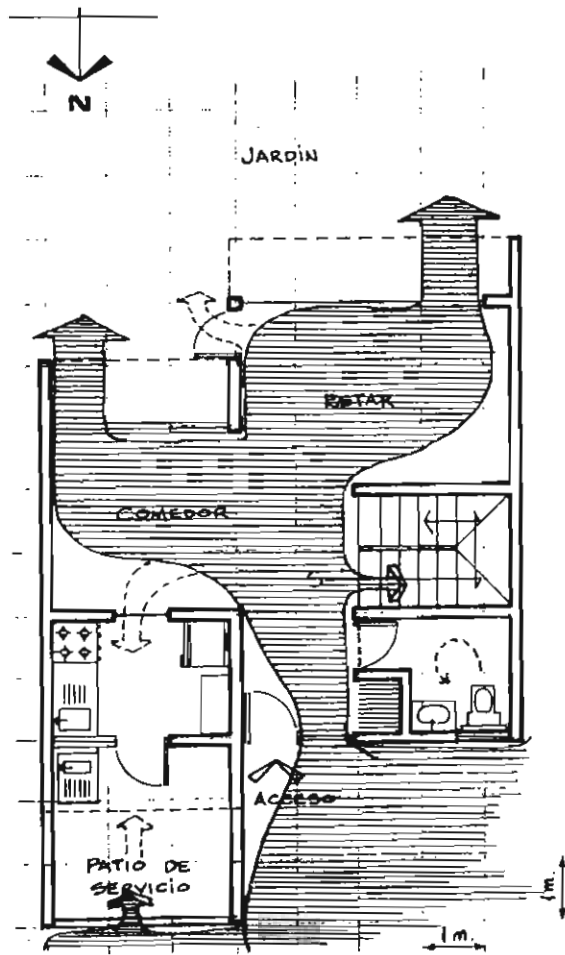
$$4995/254.4 = 19.6 \text{ renovaciones/hora}$$

Conclusiones:

La ventilación es diseñada principalmente para disipar las ganancias caloríficas excesivas en el interior ya que el requerimiento de renovación de aire es de tan sólo $250 \text{ m}^3/\text{h}$ en comparación con $7,552 \text{ m}^3/\text{h}$ necesarios para lograr el confort térmico de los usuarios.

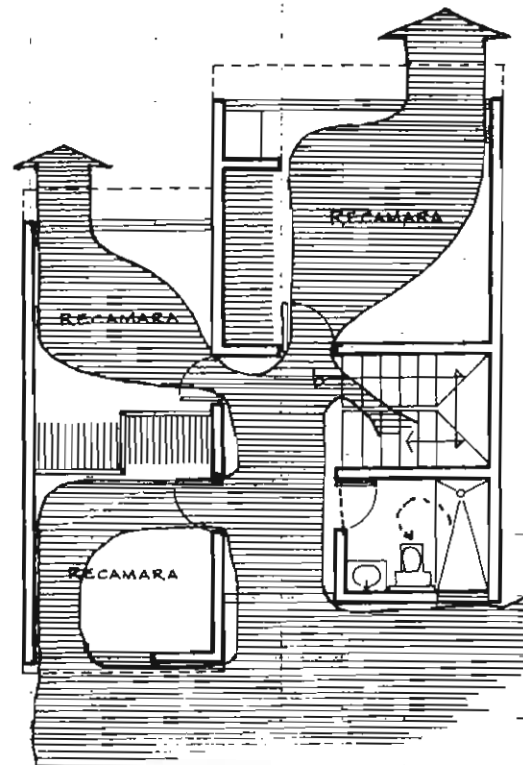
Las formas de las ventanas deben ser HORIZONTAL preferentemente del tipo de persianas horizontales operables.

A fin de facilitar el paso del viento entre los distintos espacios es recomendable poner ventilas operables en las puertas interiores tanto en la parte superior como en la inferior a excepción de las puertas de baños y cocinas.



PLANTA BAJA

Fig. 139'



PLANTA ALTA

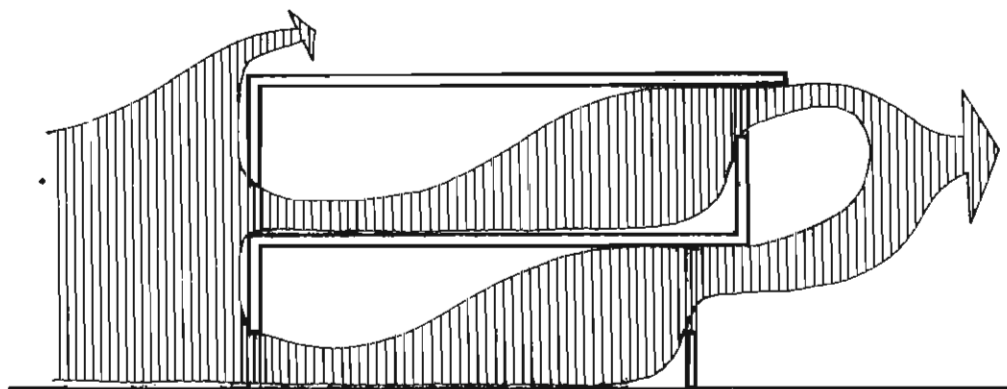


Fig. 140

SEGUNDO CASO: Hermosillo, Son.

La Ciudad de Hermosillo, Sonora está catalogada con un clima cálido seco; sin embargo en las gráficas - bioclimáticas se observa que en algunas épocas del año y principalmente en las primeras horas de la mañana se cuenta con humedades relativas superiores - al 60%.

En esta ciudad el 19.2% del tiempo se está dentro de la zona de confort, mientras que el 43.6% necesitamos de calentamiento. En cuanto a la ventilación, ésta es requerida el 37.2%, sin embargo, es necesario mencionar que el 36.0% de dicha ventilación deberá darse por medios mecánicos convencionales o haciendo un preenfriamiento y humidificación al aire, antes - de introducirlo a la vivienda, ya que en una significativa parte del tiempo las temperaturas son supervisores a 34°C TBS.

La principal estrategia de diseño es el manejo de la masa térmica de los materiales y una ventilación efectiva de aire fresco y húmedo.

CARTA BIOCLIMATICA

PARA EXTERIORES

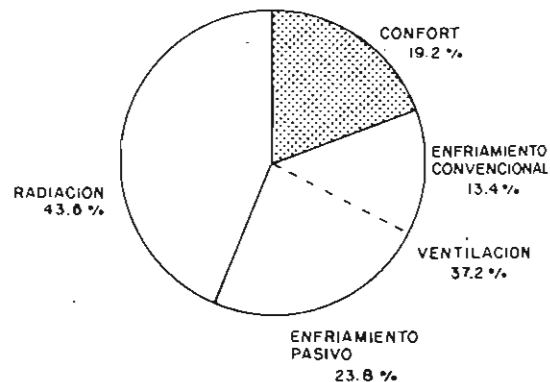
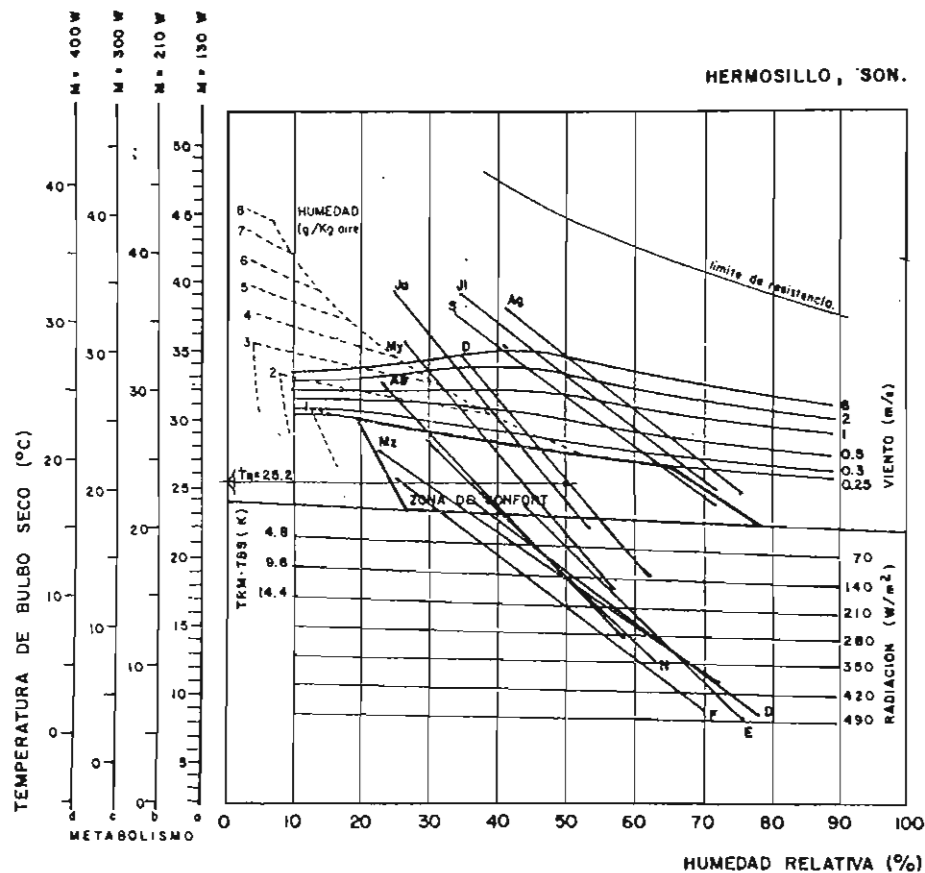
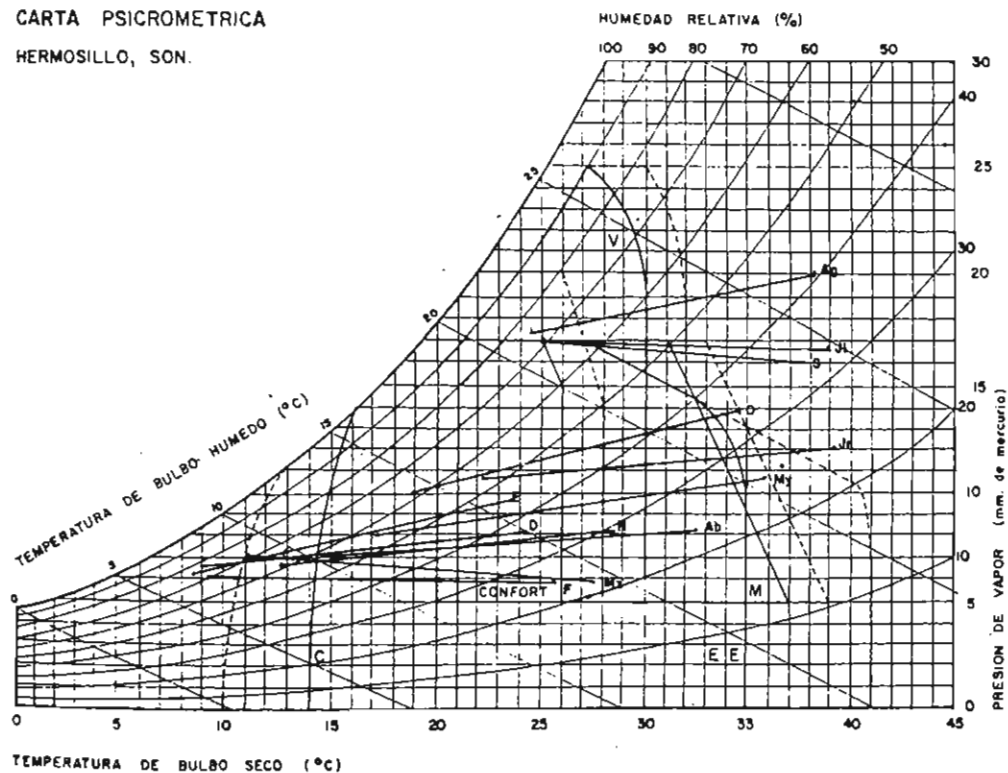


DIAGRAMA BIOCLIMATICO

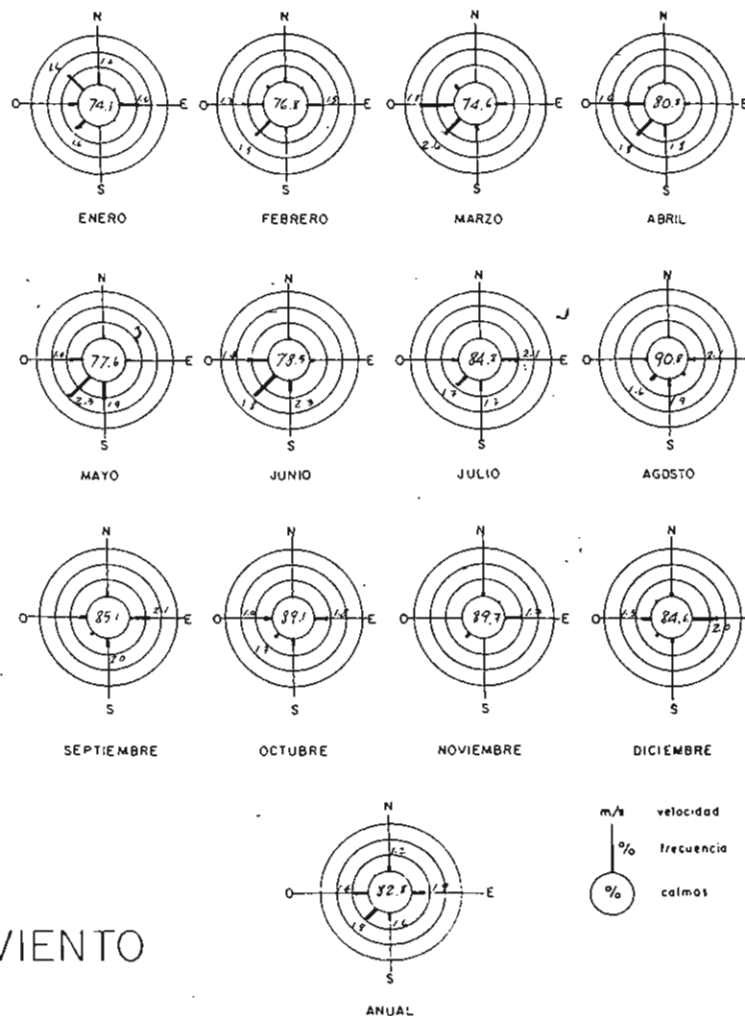
PARA INTERIORES.

CARTA PSICROMETRICA

HERMOSILLO, SON.



CIUDAD	HERMOSILLO SON.	LATITUD.	29° 04' N	LONGITUD.	110° 58' W	ALTITUD	237 msnm.
--------	-----------------	----------	-----------	-----------	------------	---------	-----------



VIENTO

Ciudad	HERMOSILLO SON.	Latitud	29° 14' N	Longitud	110° 43' W	Altitud	282 msnm
--------	-----------------	---------	-----------	----------	------------	---------	----------

MES	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	° comos
ENERO	3.6 1.4	0.7 1.3	6.1 1.6	0.2 1.0	0.7 1.3	3.9 1.6	3.1 1.5	6.7 1.6	74.1
FEBRERO	1.4 1.3	0.2 1.0	4.3 1.5		1.6 1.1	7.1 1.8	7.2 1.7	1.3 1.2	76.8
MARZO	0.7 0.2	0.3 0.1	2.8 2.4		1.7 1.4	6.8 2.6	11.3 1.8	2.0 1.8	74.6
ABRIL	0.9 2.3		1.6 1.8		3.9 1.8	6.2 1.8	6.1 1.6	0.8 1.5	80.9
MAYO	0.7 1.3		2.0 1.0		5.7 1.9	9.2 2.3	9.3 1.4		77.6
JUNIO	0.7 1.4		1.7 1.5		3.5 2.3	9.5 1.8	6.7 1.4		78.5
JULIO	0.2 1.0	0.1 1.0	5.0 2.1	0.2 3.0	3.5 1.7	4.2 1.7	2.3 1.3	0.3 0.1	84.2
AGOSTO	0.4 0.1		2.5 2.1	1.2 1.0	2.2 1.7	2.6 1.6	1.1 1.5	0.1 1.0	90.8
SEPTIEMBRE	1.2 1.8	0.7 0.4	6.4 2.1	0.4 1.5	2.5 2.0	1.7 1.7	2.5 1.2	0.4 0.1	85.1
OCTUBRE	0.3 1.0		4.7 1.7		1.8 1.6	1.5 1.7	2.7 1.0		89.0
NOVIEMBRE	1.5 1.3	0.8 1.7	4.9 1.7		0.4 1.0	2.2 1.5	0.5 1.0	0.2 2.5	89.7
DICIEMBRE	1.0 1.3	0.2 1.0	7.3 2.0	0.8 0.1	1.5 1.1	1.5 1.6	2.8 1.3	0.8 1.1	84.6

ANUAL	1.1 1.2	0.3 0.5	4.1 1.9	0.1 0.6	2.4 1.6	4.8 1.8	4.2 1.4	0.5 0.8	82.8
-------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------

FRECUENCIA



VELOCIDAD

VIENTO

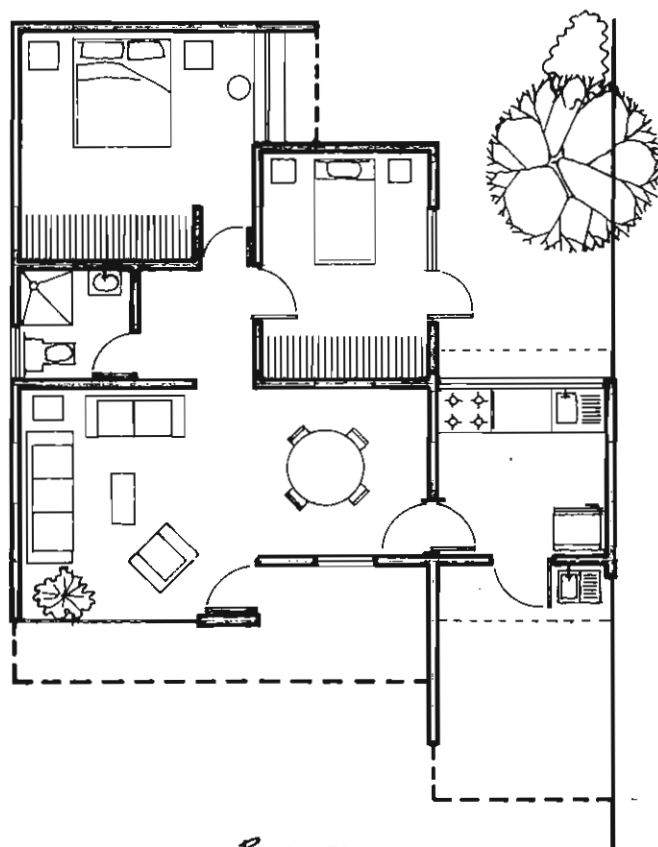
Ejemplo 3.

Caso: Hermosillo, Sonora, latitud 29°04'

Problema: Diseño de la ventilación de una casa habitación.

Datos Climatológicos Generales:

	Bajo Calentamiento ENERO	Sobre Calentamiento JUNIO
Temperatura máx.	23.7°C	39.2
Temperatura med.	16.4	31.3
Temperatura mín.	8.6	22.3
Humedad relativa	60 %	37 %
Radiación	329 lg.	725 lg.
Viento		
- dirección	NW-E	SW
- frecuencia	6.7 - 6.1	9.5
- velocidad	1.6 - 1.6	1.8



PLANTA

Fig.141

Planteamiento del Problema.

Diseñar y calcular la ventilación de una casa habitada en Hermosillo, Sonora para 3 habitantes.

1. ¿Cuál es la demanda de aire si cada persona produce $0.015 \text{ m}^3/\text{h}$ de CO_2 , si se desea que la concentración de este gas no sobrepase el 0.1%, cuando la ventilación se realiza introduciendo aire con una concentración de 0.05% de CO_2 ?

$$V = \frac{0.015}{0.001 - 0.0005} \times 3 \text{ personas} = 90 \text{ m}^3/\text{hora}$$

2. ¿Cuántas renovaciones de aire se necesitan tener en la vivienda para garantizar esta cantidad de aire vital?

Volumen de la vivienda.

$$\text{superficie } 12 \text{ m}^2 \times 2.60 = 187.2 \text{ m}^3$$

$$90 \text{ m}^3/\text{hora} / 187.2 \text{ m}^3 = 0.48 \text{ cambios/hora.}$$

3. Determinación de Ganancias Caloríficas.

Hermosillo, Sonora. Latitud $29^{\circ}04'$

21 de diciembre a las 15:00 horas.

declinación = $-23^{\circ}27'$

altura solar = $21^{\circ}56'$

azimut = $48^{\circ}29'$

Angulos de incidencia.

Fachada SW $22^{\circ}11'$

Fachada NW $86^{\circ}47'$

Radiación solar incidente.

$$I = 800 \sqrt[3]{\sin 21^{\circ}56'} = 800 \times 0.72 = 576 \text{ Kcal/hm}^2$$

Radiación solar incidente sobre la fachada SW

$$I_{sw} = I \times \cos 22^{\circ}11' = 533.3 \text{ Kcal/hm}^2$$

Radiación solar incidente sobre la fachada NW

$$I_{nw} = I \times \cos 86^{\circ}47' = 32.463 \text{ Kcal/hm}^2$$

Radiación solar incidente por coeficiente de absorción.

$$\text{Horizontal} \quad 576.00 \times 0.7 = 403.20 \text{ Kcal/hm}^2$$

$$\text{Fach. SW} \quad 533.30 \times 0.7 = 373.31 \quad "$$

$$\text{Fach. NW} \quad 32.46 \times 0.7 = 22.724 \quad "$$

Coeficiente de transmisión superficial.

$$f_e = 3.(V) + 10; f_e = (3 \times 1.6) + 10 = 14.8$$

Coeficiente de transmitividad.

$$U_{\text{muros}} = 1.52$$

$$U_{\text{losa}} = 0.73$$

$$U_{\text{puerta}} = 3.00$$

$$U_{\text{vidrios}} = 5.00$$

Radiación en muros

Superficie m².

$$C_{\text{sol}} = \frac{U}{\delta e} \times I_{\text{sw}} = 38.34 \text{ Kcal/hm}^2 \quad 25.00 \quad 958.50 \text{ Kcal/h}$$

$$C_{\text{sol}} = \frac{U}{\delta e} \times I_{\text{nw}} = 2.33 \text{ Kcal/hm}^2 \quad 25.00 \quad 58.25 \text{ Kcal/h}$$

Radiación en losa

$$C_{\text{sol}} = \frac{U}{\delta e} \times I = 19.88 \text{ Kcal/hm}^2 \quad 72.00 \quad 1431.36 \text{ Kcal/h}$$

Conducción U (te-ti)

$$\text{muros} \quad 1.52 \times 3 = 4.56 \quad 75.00 \quad 342.00 \text{ Kcal/h}$$

$$\text{losa} \quad 0.73 \times 3 = 2.19 \quad 72.00 \quad 157.68 \text{ Kcal/h}$$

$$\text{puerta} \quad 3.00 \times 3 = 9.00 \quad 2.50 \quad 22.50 \text{ Kcal/h}$$

$$\text{vidrio} \quad 5.00 \times 3 = 15.00 \quad 10.00 \quad 150.00 \text{ Kcal/h}$$

$$3,120.29 \text{ Kcal/h}$$

$$3,628.89 \text{ Watts/h}$$

4. Disipación del calor excedente por medio de la ventilación.

Si la ganancia solar transferida a la vivienda a través de la estructura es de 3,628.89 watts, considerando la temperatura máxima del mes de Enero de 23.7°C y que las ganancias caloríficas internas son de 115 watts/persona y aproximadamente 1200 watts aportados por equipos electrodomésticos:

¿Cuántos cambios de aire por hora se necesitarán para mantener la temperatura interior por debajo de 28°C?

Total de Ganancias caloríficas.

Ganancias de la estructura	3,628.89
115 w/p x 3	345.00
1200 w aparatos electrodom.	<u>1,200.00</u>
	5,173.89 watts

$$W = 0.33 NV (t_i - t_e)$$

$$N = \frac{W}{0.33V(t_i - t_e)} \quad N = \frac{5174}{0.33 \times 72 \times 4.3}$$

$$N = 50.64 \text{ cambios}$$

$$50.64 \times 72 = 3646.08 \text{ m}^3/\text{h} = 1.01 \text{ m}^3/\text{seg}$$

5. ¿Cuál es el área mínima de las aberturas que garantice la disipación calorífica de 5174 watts - con una ventilación de $1.01 \text{ m}^3/\text{seg}$ si la velocidad del viento es de 1.6 m/s con dirección Este?

$$A = \frac{Q}{\rho V \sin \theta} \quad A = \frac{1.01}{0.5971108 \times 1.6 \times 0.70711}$$

$$A = 1.49 \text{ m}^2$$

6. Si no hubiera viento, pero existiera una diferencia de temperatura entre el aire exterior (que entra) y el aire interior (que sale) de 3°C y existiera una diferencia de altura (Δd) entre las -- aperturas de entrada y salida de 1.00 m con un -- área de 1.49 m^2 respectivamente:
¿Cuál será la velocidad del flujo de aire que se -- creará debido al efecto stack?

$$V = 0.121 \text{ A } \sqrt{H (t_i - t_e)} \quad H = \Delta d$$

$$V = 0.121 \times 1.49 \times \sqrt{1 \times 3}$$

$$V = 0.31 \text{ m/seg}$$

7. ¿Cuál será la cantidad de aire que entrará debido a este flujo?

$$Q = vVA \sin \theta$$

$$Q = 0.5971108 \times 0.31 \times 1.49 \times 1$$

$$Q = 0.278 \text{ m}^3/\text{seg} \quad Q = 1000.17 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$1000/72 = 13.89 \text{ cambios de aire/hora}$$

8. Dimensionamiento de ventanas.

$$\text{Area de aberturas de entrada } 1.49 \text{ m}^2$$

Area óptima de aberturas de salida

$$1.67 \text{ m}^2 \times 1.25 = 1.86 \text{ m}^2$$

Conclusiones.

La ventilación es diseñada principalmente para disipar las ganancias caloríficas excesivas en el interior del espacio ya que el requerimiento de renovación de aire es de tan sólo $90 \text{ m}^3/\text{h}$ en comparación con $3,646 \text{ m}^3/\text{h}$ necesarios para lograr el confort térmico de los usuarios en el mes de enero.

Es muy importante destacar que en el mes de junio la temperatura máxima promedio es de 39.2°C (aproximadamente a las 15:00 horas), por lo que la ventilación debe evitarse, pues de lo contrario se tendrán ganancias caloríficas en lugar de pérdidas. En este caso la ventilación deberá restringirse a sólo $90 \text{ m}^3/\text{h}$.

La forma de las ventanas debe ser horizontal y preferentemente del tipo abatibles o corredizas a fin de evitar al máximo la infiltración del viento cálido, del polvo y la arena.

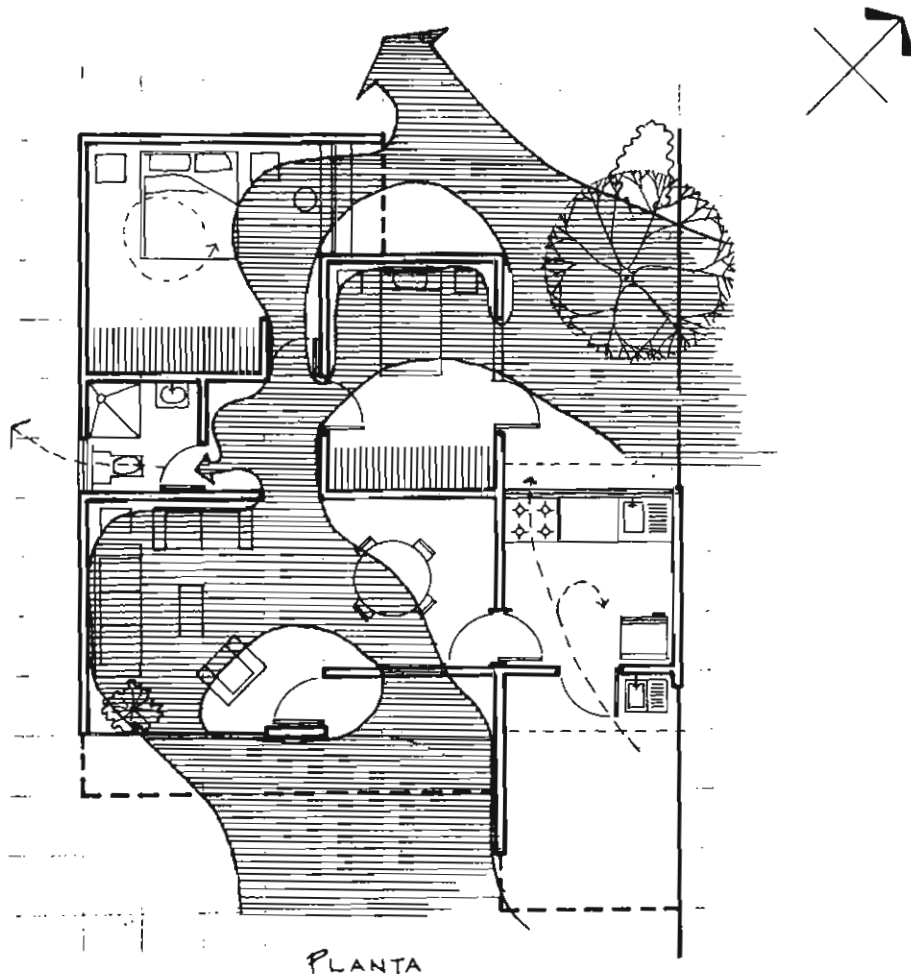


Fig. 141'

TERCER CASO: Villahermosa, Tabasco.

El clima de la Ciudad de Villahermosa es uno de los más difíciles de manejar en el diseño bioclimático debido a sus altos índices de humedad, casi siempre superiores al 70% y con temperaturas que llegan hasta los 36°C.

La principal estrategia de diseño en este tipo de climas es la ventilación; en Villahermosa es necesaria 83.3% del tiempo, sin embargo sólo el 68.1% puede lograrse por medios pasivos mientras que el 15.2% es necesario ventilar y enfriar por medios convencionales.

Por otro lado a fines de otoño y principio de invierno se requiere un poco de calentamiento en las primeras horas de la mañana aunque la temperatura mínima promedio nunca es inferior a 18°C. Esta necesidad de calentamiento se presenta el 15.3% del tiempo, mientras que tan sólo el 1.4% se está en estado de confort. También, durante todo el año es necesaria la deshumidificación del aire ambiente.

CARTA BIOCLIMATICA

PARA EXTERIORES

VILLAHERMOSA, TAB.

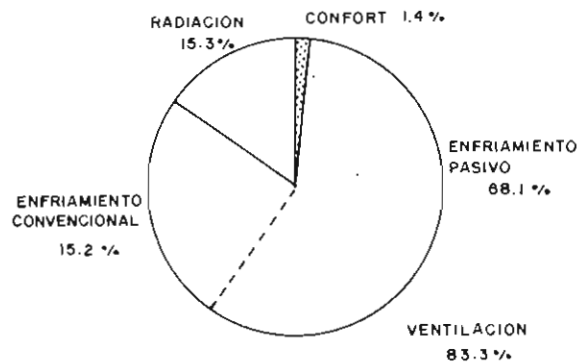
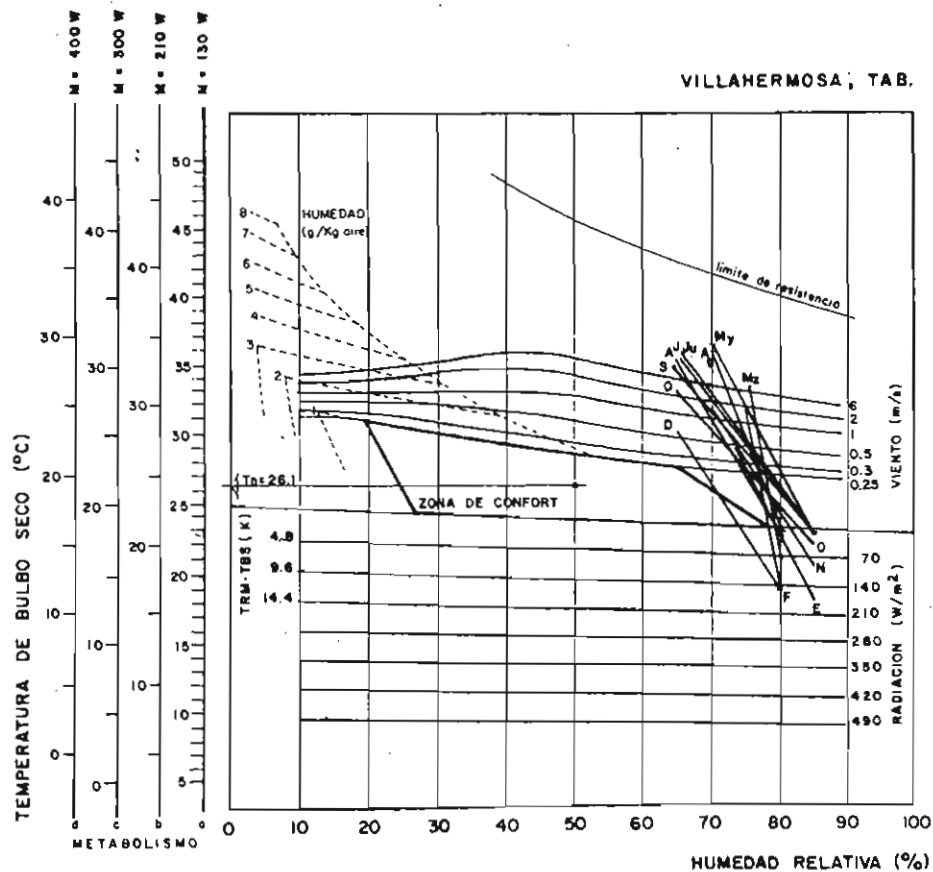
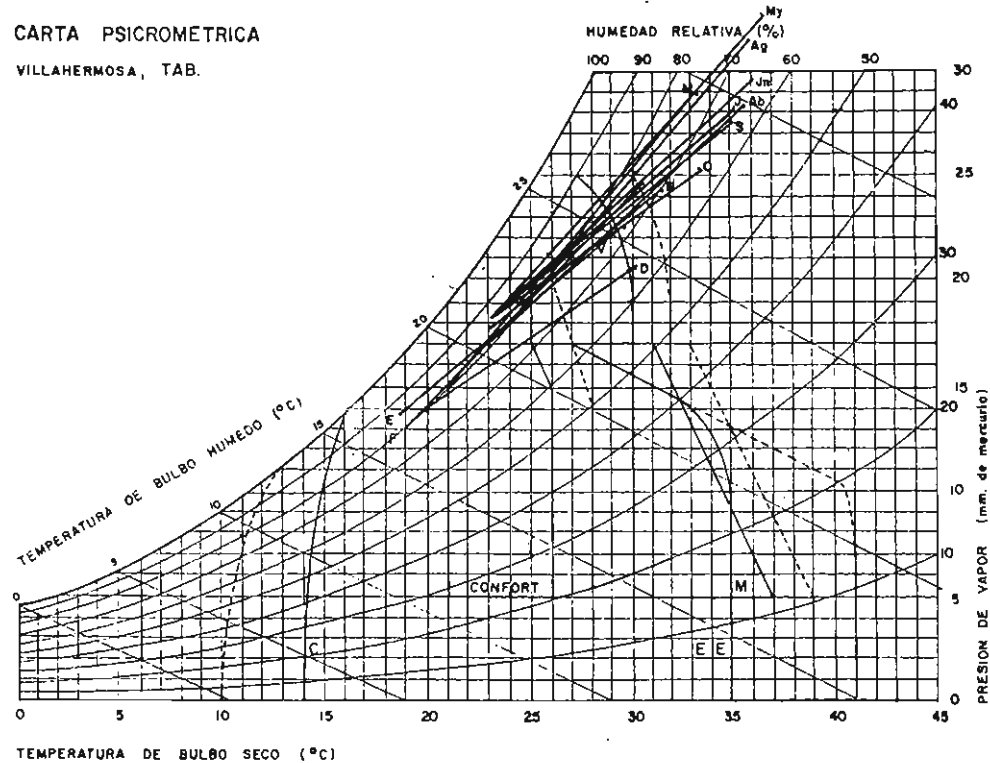


DIAGRAMA BIOCLIMATICO

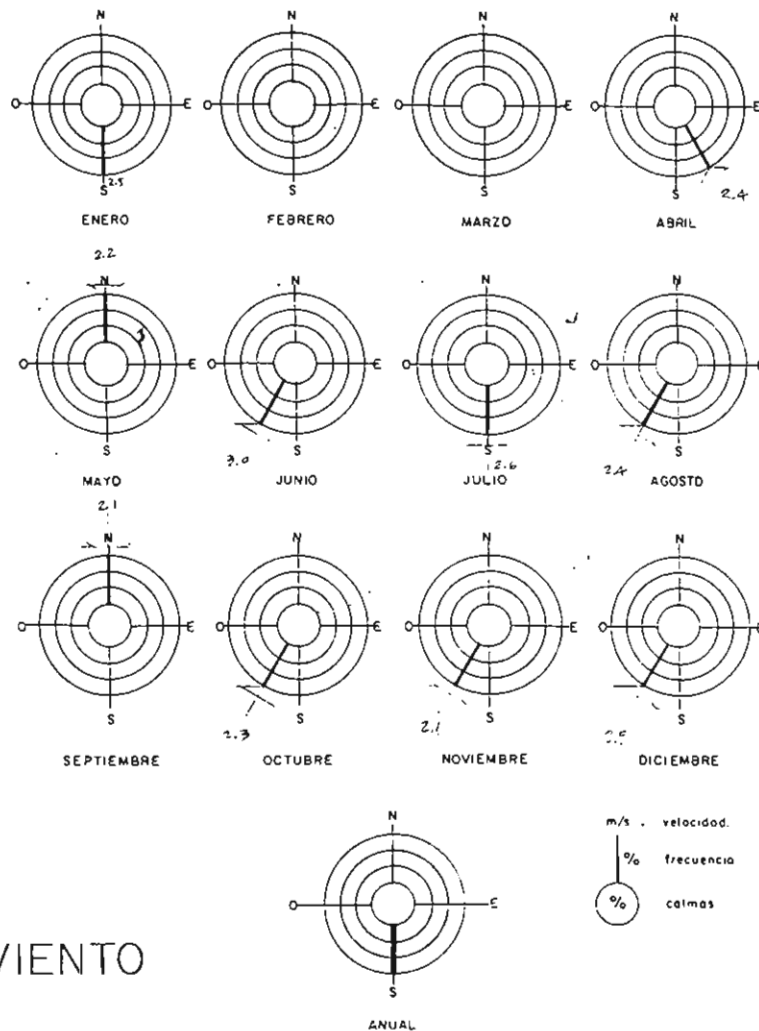
PARA INTERIORES

CARTA PSICROMETRICA

VILLAHERMOSA, TAB.



CIUDAD	LATITUD.	LONGITUD.	ALTITUD.
VILLAHERRIOSA TAB.	17°59' N	92°55' W	10 msnm.



VIENTO

Ejemplo 4.

Caso: Villahermosa, Tabasco latitud $17^{\circ}59'$ N

Problema: diseño de la ventilación de una casa típica.

Datos Climatológicos Generales:

	Bajo Calentamiento Enero	Sobre Calentamiento Junio
Temperatura máx.	29.2°C	36°
Temperatura med.	24.0°C	29.7°
Temperatura mín.	18.8°C	23.4°
Humedad relativa	75%	69%
Radiación	256 lg.	400 lg.
Viento		
dirección	S	SW
velocidad	2.5 m/s	30 mts.

Problema.

Diseñar y calcular la ventilación de una casa habitación en la Ciudad de Villahermosa para 3 personas.

1. ¿Cuál es la demanda de aire si cada persona produce $0.015 \text{ m}^3/\text{h}$ de CO_2 , si se desea que la concentración de este gas no sobrepase el 0.1%, cuando la ventilación se realiza introduciendo aire con una concentración de 0.05% de CO_2 ?

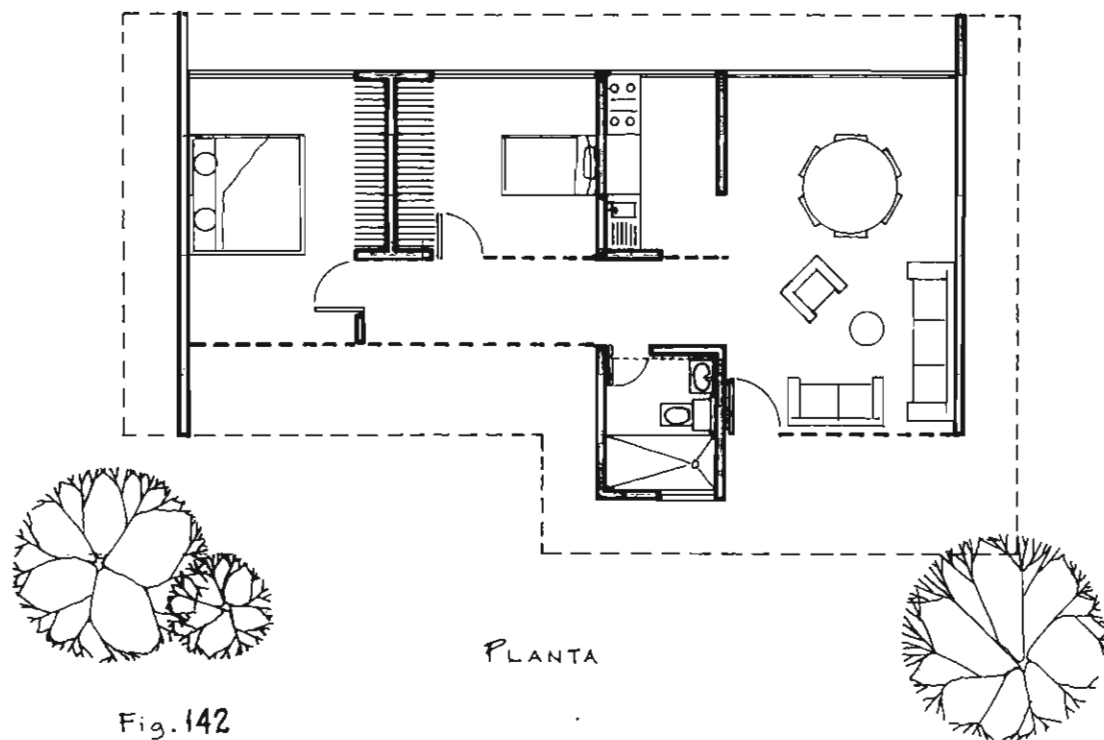


Fig. 142

$$V = \frac{0.015}{0.001 - 0.0005} \times 3 = 90 \text{ m}^3/\text{h}$$

2. ¿Cuántas renovaciones de aire se necesitan tener en la vivienda para garantizar esta cantidad de aire vital?

$$\text{Volumen de la vivienda } 70 \text{ m}^2 \times 2.60 = 182 \text{ m}^3$$

$$90/182 \text{ m}^3 = 0.4945 \text{ cambios/hora}$$

3. Determinación de Ganancias Caloríficas.

Ciudad de Villahermosa, Tabasco latitud $17^{\circ}59'$

día 21 junio a las 15:00 hrs.

$$\text{declinación} = 23^{\circ}27'$$

$$\text{altura solar} = 47^{\circ}41'$$

$$\text{azimut} = 105^{\circ}26'$$

Ángulos de incidencia.

$$\text{Fachada SW } 70^{\circ}36'30''$$

$$\text{Fachada NW } 53^{\circ}05'20''$$

Radiación solar incidente:

$$I = 800 \sqrt{\sin 47^{\circ}41'} = 800 \times 0.904 = 723.20 \text{ Kcal/hm}^2$$

Radiación solar incidente sobre la fachada SW

$$I_{sw} = I \times \cos 70^{\circ}36'30'' = 240.32$$

Radiación solar incidente sobre la fachada NW

$$I_{nw} = I \cos 53^{\circ}05'20'' = 434.52$$

Radiación solar incidente por coeficiente de absorción

$$\text{Horizontal } 723.20 \times 0.7 = 506.24 \text{ Kcal/hm}^2$$

$$\text{Fach. SW} \quad 240.32 \times 0.7 = 168.22 \text{ Kcal/hm}^2$$

$$\text{Fach. NW} \quad 434.52 \times 0.7 = 304.16 \text{ Kcal/hm}^2$$

Coefficiente de transmisión superficial.

$$f_e = 3(V)+10; f_e = (3 \times 3.0)+10 = 19.0$$

Coefficiente de transmitividad.

$$U_{\text{muros}} = 0.60$$

$$U_{\text{losa}} = 0.73$$

$$U_{\text{puerta}} = 3.00$$

$$U_{\text{vidrios}} = 5.00$$

Radiación en muros

Superficie
m

$$C_{\text{sol}} = \frac{U}{f_e} \times I_{\text{sw}} = 5.31 \quad 31.20 \quad 165.67$$

$$C_{\text{sol}} = \frac{U}{f_e} \times I_{\text{nw}} = 9.60 \quad 20.80 \quad 199.68$$

Radiación en losa

$$C_{\text{sol}} = \frac{U}{f_e} \times I = 19.45 \quad 70.00 \quad 1,361.50$$

Conducción U (te-ti)

$$\text{muros} \quad 0.60 \times 0.5 = 0.3 \quad 78.00 \quad 23.40$$

$$\text{losa} \quad 0.73 \times 0.5 = 0.4 \quad 70.00 \quad 28.00$$

$$\text{puerta} \quad 3.00 \times 0.5 = 1.5 \quad 2.50 \quad 3.75$$

$$\text{ventana} \quad 5.00 \times 0.5 = 2.5 \quad 28.00 \quad 70.00$$

$$\hline 1,852.00 \text{ Kcal/h}$$

$$2,154.00 \text{ watts/h}$$

4. Disipación de calor excedente por medio de la ven-
tilación.

Si la ganancia solar transferida a la vivienda a través de la estructura es de 2,154 watts, considerando la temperatura máxima del mes de junio de 36°C y que las ganancias caloríficas internas son de 115 watts/persona y aproximadamente 1200 watts aportados por equipos electrodomésticos:

¿Cuántos cambios de aire por hora se necesitarán para mantener la temperatura interior por debajo de 36.5°C?

Total de ganancias caloríficas

Ganancias de la estructura	2,154.00 watts
115 w/p x 3 p	345.00
1200 w aparatos	<u>1,200.00</u>
	3,699.00 watts

$$W = 0.33 \text{ NV } (t_i - t_e)$$

$$N = \frac{W}{0.33 \text{ V } (t_i - t_e)} \quad N = \frac{3699}{0.33 \times 70 \times 0.5}$$

$$N = 320.26 \text{ cambios}$$

$$320.26 \times 70 = 22,418.18 \text{ m}^3/\text{h} = 6.23 \text{ m}^3/\text{seg.}$$

5. ¿Cuál es el área mínima de las aberturas que garantice la disipación calorífica de 3,699.00 --- watts con una ventilación de 6.23 m³/seg si la velocidad del viento es de 3.0 m/s con dirección SW?

$$A = \frac{Q}{hV \sin \theta} \quad A = \frac{6.23}{0.5971108 \times 3.0}$$

$$A = 3.48 \text{ m}^2$$

6. Si no hubiera viento, pero existiera una diferencia de temperatura entre el aire exterior (que entra) y el aire interior (que sale) de 0.5°C y una diferencia de altura (H) entre las aperturas de entrada y salida de 1.50 m. con un área de 3.48 m² respectivamente:
¿Cuál será la velocidad del flujo de aire que se creará debido al efecto stack?

$$V = 0.121 A \sqrt{H (t_i - t_e)}$$

$$V = 0.121 \times 3.48 \sqrt{1.5 \times 0.5}$$

$$V = 0.36 \text{ m/seg.}$$

7. ¿Cuál será la cantidad de aire que entrará debido a este flujo?

$$Q = hVA \text{ sen } \theta$$

$$Q = 0.5971108 \times 0.36 \times 3.48$$

$$Q = 0.76 \text{ m}^3/\text{seg} \quad q = 2,728.00 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$2728/72 = 37.88 \text{ cambios de aire/hora}$$

8. Dimensionamiento de ventanas

$$\text{Area de aberturas de entrada } 3.48 \text{ m}^2$$

Area óptima de abertura de salida:

$$3.48 \times 1.25 = 4.35 \text{ m}^2$$

9. Dimensionamiento de ventanas en caso de utilizar tela mosquitero de nylon.

$$\text{Area de aberturas de entrada } 3.48 \times 1.40 = 4.87 \text{ m}^2$$

$$\text{Area de aberturas de salida } 4.35 \times 1.40 = 6.09 \text{ m}^2$$

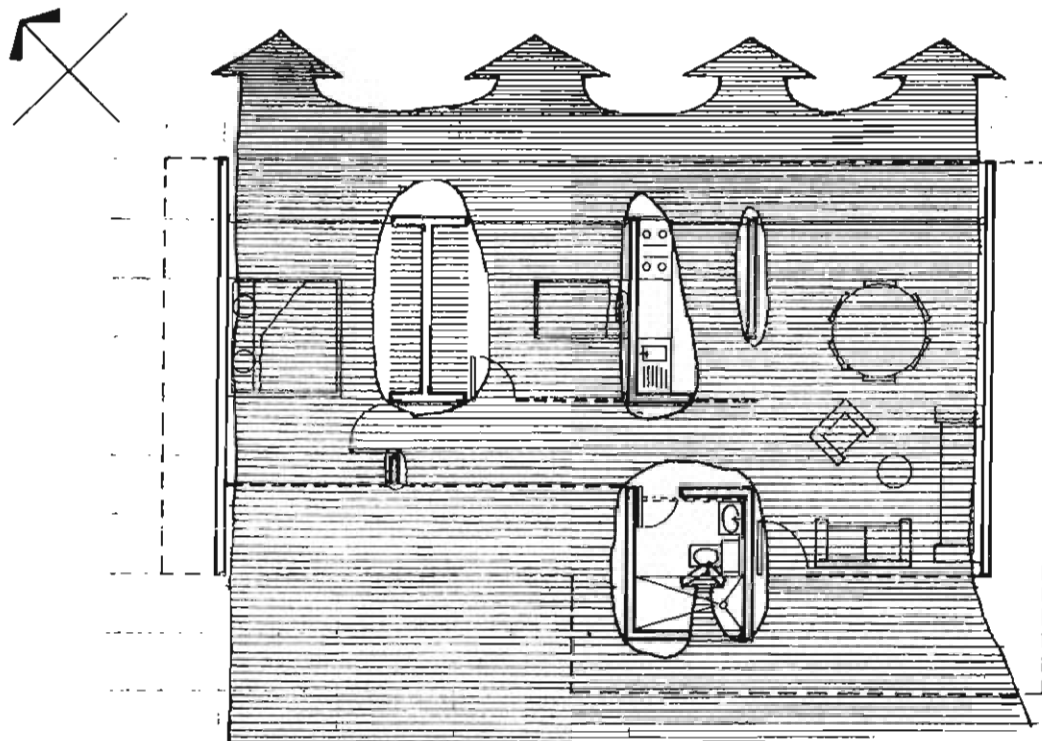
Conclusiones.

La ventilación es diseñada principalmente para disipar ganancias caloríficas excesivas en el interior - del espacio ya que el requerimiento de renovación de aire es de tan sólo $90 \text{ m}^3/\text{h}$ en comparación con ---- $22,418 \text{ m}^3/\text{h}$ necesarios para lograr el confort térmico de los usuarios en el mes de junio.

Va que la ventilación es la principal estrategia de diseño, la estructura deberá ser abierta, tanto como sea posible, al paso del viento, por lo que la temperatura interior y exterior serán prácticamente iguales.

La forma de las ventanas debe ser horizontal, prefe--rentemente de tipo de persianas horizontales opera--bles con tela de mosquitero de nylon. También es recomendable utilizar muros celosía tanto exteriores - como interiores con el fin de homogeneizar el flujo interior del aire.

Las puertas deben contar con ventilas superiores e - inferiores para el mismo fin, a excepción de las --- puertas de baño.



PLANTA

Fig.142'

CAPITULO VI DISEÑO POR COMPUTADORA


```

5 PRINT " VENTILACION NATURAL"
6 PRINT "
10 PRINT "PROGRAMA PARA CALCULAR LA DIFERENCIA DE ALTURA"
15 PRINT "ENTRE LA ABERTURA DE ENTRADA Y DE SALIDA PARA"
20 PRINT "LOGRAR EL EFECTO STACK"
30 REM TENIENDO COMO VARIABLES LA DIFERENCIA DE TEMPERATURA
40 REM ENTRE EL AIRE DE ENTRADA Y DE SALIDA,
50 REM LA VELOCIDAD Y CANTIDAD DE AIRE QUE PASA
60 REM POR UNA ABERTURA CONSTANTE DE 1 M2
70 REM Y DEPENDIENDO DE LA RELACION DE TAMAÑO ENTRE AMBAS ABERTURAS
80 REM
90 REM BASADOS EN LA FORMULA  $Q=3A(H(Te-Ts))^0.5$ 
100 REM
110 PRINT "EL FACTOR DE RELACION ( FR ) DEPENDE DE LA PROPOCION"
120 PRINT "ENTRE EL AREA DE LA ABERTURA DE SALIDA (AS) Y EL AREA"
130 PRINT "DE LA ABERTURA DE ENTRADA (AE)"
140 PRINT " AS/AE FR"
150 PRINT " 5/1=5 1.36"
160 PRINT " 4/1=4 1.37"
170 PRINT " 3/1=3 1.33"
180 PRINT " 2/1=2 1.26"
195 PRINT " 1.25/1=1.25 1.10" (OPTIMO)
190 PRINT " 1/1=1 1.00"
200 PRINT " 3/4=0.75 0.88"
210 PRINT " 1/2=0.50 0.63"
220 PRINT " 1/4=0.25 0.34"
230 REM
240 INPUT "CUAL ES EL FACTOR DE RELACION (FR)?";FR
250 LET R=FR*.121
260 PRINT TAB(1);"Q"; TAB(20);"DT"; TAB(45);"H"
270 PRINT "-----"
280 FOR Q=.1 TO 1.1 STEP .1
290 FOR DT=1 TO 10
300 LET H=(Q/R)^2/DT
310 PRINT TAB(1);Q; TAB(20);DT; TAB(40);H
320 NEXT DT
330 NEXT Q
340 PRINT"Q= CANTIDAD DE AIRE QUE PASA POR LA ABERTURA"
350 PRINT" DE ENTRADA DE 1 M2 (DADO EN M^3/ SEG.)"
360 PRINT"Q= VELOCIDAD DEL AIRE QUE SE OBTIENE EN EL EFECTO STACK (M/S)"
370 PRINT"DT= DIFERENCIA DE TEMPERATURA ENTRE EL AIRE DE ENTRADA Y EL DE "
380 PRINT" SALIDA ( GRADOS CELSIUS)"
390 PRINT"H= DIFERENCIA DE ALTURA ENTRE LAS ABERTURAS (M)"
400 END

```

VENTILACION NATURAL
 PROGRAMA PARA CALCULAR LA DIFERENCIA DE ALTURA
 ENTRE LA ABERTURA DE ENTRADA Y DE SALIDA PARA
 LOGRAR EL EFECTO STACK
 EL FACTOR DE RELACION (FR) DEPENDE DE LA PROPORCION
 ENTRE EL AREA DE LA ABERTURA DE SALIDA (AS) Y EL AREA
 DE LA ABERTURA DE ENTRADA (AE)

AS/AE	FR
5/1=5	1.38
4/1=4	1.37
3/1=3	1.33
2/1=2	1.26
1/1=1	1.00
3/4=0.75	0.84
1/2=0.50	0.63
1/4=0.25	0.31

FACTOR DE RELACION FR= 1

Q	DT	H
.2	2	1.366027
.2	4	.6830135
.2	6	.4553423
.2	8	.3415068
.2	10	.2732054
.4	2	5.464108
.4	4	2.732054
.4	6	1.821369
.4	8	1.366027
.4	10	1.072822
.6	2	12.29424
.6	4	6.147122
.6	6	4.098081
.6	8	3.073561
.6	10	2.458049
.8	2	21.85643
.8	4	10.92822
.8	6	7.285477
.8	8	5.464108
.8	10	4.371287
1	2	34.15067
1	4	17.07534
1	6	11.38356
1	8	8.547668
1	10	6.830134

Q= CANTIDAD DE AIRE QUE PASA POR LA ABERTURA

DE ENTRADA DE 1 M2 (DADO EN M3/ SEG.)

Q= VELOCIDAD DEL AIRE QUE SE OBTIENE EN EL EFECTO STACK (M/S)

DT=DIFERENCIA DE TEMPERATURA ENTRE EL AIRE DE ENTRADA Y EL DE SALIDA (GRADOS CELSIUS)

H= DIFERENCIA DE ALTURA ENTRE LAS ABERTURAS (M)

VENTILACION NATURAL
PROGRAMA PARA CALCULAR LA DIFERENCIA DE ALTURA
ENTRE LA ABERTURA DE ENTRADA Y DE SALIDA PARA
LOGRAR EL EFECTO STACK
EL FACTOR DE RELACION (FR) DEPENDE DE LA PROPORCION
ENTRE EL AREA DE LA ABERTURA DE SALIDA (AS) Y EL AREA
DE LA ABERTURA DE ENTRADA (AE)

AS/AE	FR
5/1=5	1.38
4/1=4	1.37
3/1=3	1.33
2/1=2	1.26
1/1=1	1.00
3/4=0.75	0.84
1/2=0.50	0.63
1/4=0.25	0.34

FACTOR DE RELACION FR= 1.1 (OPTIMO)

Q	DT	H
.2	2	1.128948
.2	4	.564474
.2	6	.376314
.2	8	.282237
.2	10	.2257896
.4	2	4.515792
.4	4	2.257896
.4	6	1.505264
.4	8	1.128948
.4	10	.9031504
.6	2	10.16053
.6	4	5.280266
.6	6	3.386844
.6	8	2.540133
.6	10	2.032106
.8	2	18.06317
.8	4	9.031584
.8	6	6.021056
.8	8	4.515792
.8	10	3.612634
1	2	28.2237
1	4	14.11185
1	6	9.407899
1	8	7.055924
1	10	5.644737

Q= CANTIDAD DE AIRE QUE PASA POR LA ABERTURA
DE ENTRADA DE 1 M2 (DADO EN M³/ SEG.)

Q= VELOCIDAD DEL AIRE QUE SE OBTIENE EN EL EFECTO STACK (M/S)

DT=DIFERENCIA DE TEMPERATURA ENTRE EL AIRE DE ENTRADA Y EL DE
SALIDA (GRADOS CELSIUS)

H= DIFERENCIA DE ALTURA ENTRE LAS ABERTURAS (M)

```

10 REM PROGRAMA PARA EL CALCULO DE LA VENTILACION NATURAL
20 REM "DIMENSIONAMIENTO DE ABERTURAS"
30 REM
40 REM PRIMERA ETAPA "CALIDAD DEL AIRE"
50 REM ENTRADA DE DATOS
55 CLS
60 INPUT "CUAL ES LA ALTURA LIBRE INTERIOR DE LA HABITACION ? (m)";H
70 INPUT "CUAL ES EL LARGO DE LA HABITACION? (m)";LARGO
80 INPUT "CUAL ES EL ANCHO DE LA HABITACION? (m)";ANCHO
90 CLS
100 INPUT "CUANTAS PERSONAS HABITAN EL CUARTO?";P
110 CLS
120 PRINT "Ce = 0.0003 (AIRE TOTALMENTE PURO)"
130 PRINT "Ce = 0.0005 (AIRE MEDIANAMENTE PURO) "
140 PRINT "Ce = 0.0007 (AIRE DE TIPO URBANO)"
150 PRINT
160 INPUT "CUAL ES LA CALIDAD DE AIRE QUE SE INTRODUCE? (Ce)";CE
170 CLS
180 REM VENTILACION REQUERIDA
190 LET V = (.015 / (.001 - CE)) * P
200 REM RENDVACION DE AIRE POR HORA
210 LET VOL= H * LARGO * ANCHO
220 LET R = V / VOL
230 REM SEGUNDA ETAPA "DISIPACION DE CALOR"
240 REM ENTRADA DE DATOS
250 INPUT "CUAL ES LA TEMPERATURA MAXIMA PROMEDIO DEL MES MAS CALUROSO? (GRADOS
    CELSIUS)";TE
260 INPUT "CUAL ES LA TEMPERATURA MAXIMA PERMISIBLE EN TERMINOS DE CONFORT?";TI
265 CLS
270 INPUT "CUAL ES LA GANANCIA CALORIFICA TOTAL GANADA POR LA ESTRUCTURA (RADIAC
    ION SOLAR DIRECTA * DIFUSA)(watts)";WE
280 INPUT "CUALES SON LAS GANANCIAS CALORIFICAS APORTADAS POR APARATOS ELECTRODO
    MESTICOS? (watts)";WI
290 CLS
300 LET W = WE+WI+ (115 * P)
310 LET N = W / (.3333* VOL*(TI-TE))
320 LET Q1= (N * VOL) / 3600
330 REM TERCERA ETAPA "AREA DE LA VENTANA"
340
350 INPUT "CUAL ES LA VELOCIDAD MEDIA DEL VIENTO EN EL MES MAS CALUROSO? (m/seg.
    )";VELOCIDAD
360 INPUT "CUAL ES EL ANGULO DE INCIDENCIA DEL VIENTO CON RESPECTO AL PLANO DE L
    A VENTANA?";INC
370 REM AREA DE LA VENTANA
380 LET AREA = Q1 / (.5971100 * VELOCIDAD * SIN(INC * 3.141592/180))
390 REM AREA DE LA ABERTURA DE ENTRADA
400 LET AE = AREA
410 REM AREA DE LA ABERTURA DE SALIDA
420 LET AS = AREA * 1.25
500 REM CUARTA ETAPA EFECTO STACK
510 REM ENTRADA DE DATOS
520 INPUT "CUAL ES LA DIFERENCIA DE ALTURA ENTRE LA ABERTURA DE ENTRADA Y LA DE
    SALIDA? (m)";H

```

```

530 INPUT "CUAL ES LA TEMPERATURA DEL AIRE QUE ENTRA?";E
540 INPUT "CUAL ES LA TEMPERATURA DEL AIRE QUE SALE ?";S
550 CLS
560 LET STACK = .121 * AREA * (H*(S-E))^.5
570 LET Q2 = .5971108 * STACK * AREA
580
590
600 REM IMPRESION DE RESULTADOS
610 PRINT "          CALCULO DE VENTILACION NATURAL"
620 PRINT "LA CANTIDAD DE AIRE MINIMA NECESARIA PARA RESPIRAR ES DE";V;"(m3/h)"
630 PRINT "LO QUE REPRESENTA UNA RENOVACION DE AIRE POR HORA DE"; R;"CAMBIOS"
640 PRINT "
650 PRINT "LA CANTIDAD DE AIRE NECESARIA PARA DISIPAR LAS GANANCIAS CALORIFICAS"
660 PRINT "OBTENIDAS TANTO DE LA ESTRUCTURA COMO LAS GANANCIAS INTERNAS ES DE"
670 PRINT"
680 PRINT"          Q1=";Q1;"(m3/seg.)"
690 PRINT"
700 PRINT"DIMENSIONAMIENTO DE ABERTURAS"
705 PRINT"
710 PRINT"AREA TOTAL DE ABERTURAS DE ENTRADA:"
715 PRINT"
720 PRINT"          ";AE;"(m²)"
725 PRINT"
730 PRINT"AREA TOTAL DE ABERTURAS DE SALIDA:"
735 PRINT"
740 PRINT"          ";AS;"(m²)"
745 PRINT"
750 PRINT"EFFECTO STACK"
755 PRINT"CANTIDAD DE AIRE QUE FLUIRA DEBIDO AL EFECTO STACK"
760 PRINT"
765 PRINT"          Q2=";Q2;"(m3/seg.)"
800 END

```

CASO MEXICO.....EJEMPLO No.1
 CUAL ES LA ALTURA LIBRE INTERIOR DE LA HABITACION ? (m)? 2.4
 CUAL ES EL LARGO DE LA HABITACION? (m)? 5
 CUAL ES EL ANCHO DE LA HABITACION? (m)? 4

CUANTAS PERSONAS HABITAN EL CUARTO?? 5

Ce = 0.0003 (AIRE TOTALMENTE PURO)
 Ce = 0.0005 (AIRE MEDIANAMENTE PURO)
 Ce = 0.0007 (AIRE DE TIPO URBANO)

CUAL ES LA CALIDAD DE AIRE QUE SE INTRODUCE? (Ce)? 0.0007

CUAL ES LA TEMPERATURA MAXIMA PROMEDIO DEL MES MAS CALUROSO? (GRADOS CELSIUS)?
 24.8

CUAL ES LA TEMPERATURA MAXIMA PERMISIBLE EN TERMINOS DE CONFORT?? 28

CUAL ES LA GANANCIA CALORIFICA TOTAL GANADA POR LA ESTRUCTURA (RADIACION SOLAR D
 IRECTA + DIFUSA)(watts)? 2100
 CUALES SON LAS GANANCIAS CALORIFICAS APORTADAS POR APARATOS ELECTRODOMESTICOS?
 (watts)? 250

CUAL ES LA VELOCIDAD MEDIA DEL VIENTO EN EL MES MAS CALUROSO? (m/seg.)? 1.1
 CUAL ES EL ANGULO DE INCIDENCIA DEL VIENTO CON RESPECTO AL PLANO DE LA VENTANA??
 90

CUAL ES LA DIFERENCIA DE ALTURA ENTRE LA ABERTURA DE ENTRADA Y LA DE SALIDA? (m)
 ? 1.8

CUAL ES LA TEMPERATURA DEL AIRE QUE ENTRA?? 25
 CUAL ES LA TEMPERATURA DEL AIRE QUE SALE ?? 28

LA CANTIDAD DE AIRE MINIMA NECESARIA PARA RESPIRAR ES DE 250 (m3/h)
 LO QUE REPRESENTA UNA RENOVACION DE AIRE POR HORA DE 5.208332 CAMBIOS

LA CANTIDAD DE AIRE NECESARIA PARA DISIPAR LAS GANANCIAS CALORIFICAS
 OBTENIDAS TANTO DE LA ESTRUCTURA COMO LAS GANANCIAS INTERNAS ES DE

$$Q1 = .7694127 \text{ (m}^3\text{/seg.)}$$

DIMENSIONAMIENTO DE ABERTURAS

AREA TOTAL DE ABERTURAS DE ENTRADA:

$$1.171418 \text{ (m}^2\text{)}$$

AREA TOTAL DE ABERTURAS DE SALIDA:

$$1.464272 \text{ (m}^2\text{)}$$

EFFECTO STACK

CANTIDAD DE AIRE QUE FLUIRA DEBIDO AL EFECTO STACK

$$Q2 = .2303384 \text{ (m}^3\text{/seg.)}$$

OK

CASO MEXICO.....EJEMPLO No. 2

QUAL ES LA ALTURA LIBRE INTERIOR DE LA HABITACION ? (m)? 2.4
QUAL ES EL LARGO DE LA HABITACION? (m)? 10.29563
QUAL ES EL ANCHO DE LA HABITACION? (m)? 10.29563
CUANTAS PERSONAS HABITAN EL CUARTO?? 5

Ce = 0.0003 (AIRE TOTALMENTE PURO)
Ce = 0.0005 (AIRE MEDIANAMENTE PURO)
Ce = 0.0007 (AIRE DE TIPO URBANO)

QUAL ES LA CALIDAD DE AIRE QUE SE INTRODUCE? (Ce)? 0.0007

QUAL ES LA TEMPERATURA MAXIMA PROMEDIO DEL MES MAS CALUROSO? (GRADOS CELSIUS)?
24.0
QUAL ES LA TEMPERATURA MAXIMA PERMISIBLE EN TERMINOS DE CONFORT?? 28

QUAL ES LA GANANCIA CALORIFICA TOTAL GANADA POR LA ESTRUCTURA (RADIACION SOLAR DIRECTA + DIFUSA)(watts)? 6359
CUALES SON LAS GANANCIAS CALORIFICAS APORTADAS POR AFARATOS ELECTRODOMESTICOS?
(watts)? 1400

QUAL ES LA VELOCIDAD MEDIA DEL VIENTO EN EL MES MAS CALUROSO? (m/seg.)? 1.1
QUAL ES EL ANGULO DE INCIDENCIA DEL VIENTO CON RESPECTO AL PLANO DE LA VENTANA??
90
QUAL ES LA DIFERENCIA DE ALTURA ENTRE LA ABERTURA DE ENTRADA Y LA DE SALIDA? (m)
? 1
QUAL ES LA TEMPERATURA DEL AIRE QUE ENTRA?? 25
QUAL ES LA TEMPERATURA DEL AIRE QUE SALE ?? 28

LA CANTIDAD DE AIRE MINIMA NECESARIA PARA RESPIRAR ES DE 250 (m3/h)
LO QUE REPRESENTA UNA RENOVACION DE AIRE POR HORA DE .9827041 CAMBIOS

LA CANTIDAD DE AIRE NECESARIA PARA DISIPAR LAS GANANCIAS CALORIFICAS OBTENIDAS TANTO DE LA ESTRUCTURA COMO LAS GANANCIAS INTERNAS ES DE

$$Q1= 2.192234 \text{ (m3/seg.)}$$

DIMENSIONAMIENTO DE ABERTURAS

AREA TOTAL DE ABERTURAS DE ENTRADA:

$$3.337639 \text{ (m}^2\text{)}$$

AREA TOTAL DE ABERTURAS DE SALIDA:

$$4.172049 \text{ (m}^2\text{)}$$

EFFECTO STACK

CANTIDAD DE AIRE QUE FLUIRA DEBIDO AL EFECTO STACK

$$Q2= 1.394054 \text{ (m3/seg.)}$$

CASO HERMOSILLO, SON.....EJEMPLO No. 3
 CUAL ES LA ALTURA LIBRE INTERIOR DE LA HABITACION ? (m)? 2.6
 CUAL ES EL LARGO DE LA HABITACION? (m)? 10
 CUAL ES EL ANCHO DE LA HABITACION? (m)? 7.2
 CUANTAS PERSONAS HABITAN EL CUARTO?? 3

Ce = 0.0003 (AIRE TOTALMENTE PURO)
 Ce = 0.0005 (AIRE MEDIANAMENTE PURO)
 Ce = 0.0007 (AIRE DE TIPO URBANO)

CUAL ES LA CALIDAD DE AIRE QUE SE INTRODUCE? (Ce)? 0.0005

CUAL ES LA TEMPERATURA MAXIMA PROMEDIO DEL MES MAS CALUROSO? (GRADOS CELSIUS)?
 23.7
 CUAL ES LA TEMPERATURA MAXIMA PERMISIBLE EN TERMINOS DE CONFORT?? 28

CUAL ES LA GANANCIA CALORIFICA TOTAL GANADA POR LA ESTRUCTURA (RADIACION SOLAR D
 IRECTA + DIFUSA)(watts)? 3628.89
 CUALES SON LAS GANANCIAS CALORIFICAS APORTADAS POR APARATOS ELECTRODOMESTICOS?
 (watts)? 1200
 CUAL ES LA VELOCIDAD MEDIA DEL VIENTO EN EL MES MAS CALUROSO? (m/seg.)? 1.6
 CUAL ES EL ANGULO DE INCIDENCIA DEL VIENTO CON RESPECTO AL PLANO DE LA VENTANA??
 45
 CUAL ES LA DIFERENCIA DE ALTURA ENTRE LA ABERTURA DE ENTRADA Y LA DE SALIDA? (m)
 ? 1
 CUAL ES LA TEMPERATURA DEL AIRE QUE ENTRA?? 23.7
 CUAL ES LA TEMPERATURA DEL AIRE QUE SALE ?? 26.7

LA CANTIDAD DE AIRE MINIMA NECESARIA PARA RESPIRAR ES DE 89.99999 (m3/h)
 LO QUE REPRESENTA UNA RENOVACION DE AIRE POR HORA DE .4807692 CAMBIOS

LA CANTIDAD DE AIRE NECESARIA PARA DISIPAR LAS GANANCIAS CALORIFICAS
 OBTENIDAS TANTO DE LA ESTRUCTURA COMO LAS GANANCIAS INTERNAS ES DE

$$Q1 = 1.01282 \text{ (m3/seg.)}$$

DIMENSIONAMIENTO DE ABERTURAS

AREA TOTAL DE ABERTURAS DE ENTRADA:

$$1.499245 \text{ (m}^2\text{)}$$

AREA TOTAL DE ABERTURAS DE SALIDA:

$$1.874056 \text{ (m}^2\text{)}$$

EFFECTO STACK

CANTIDAD DE AIRE QUE FLUIRA DEBIDO AL EFFECTO STACK

$$Q2 = .2812846 \text{ (m3/seg.)}$$

Ok

CASO VILLAHERMOSA, TAB. EJEMPLO No 4
 CUAL ES LA ALTURA LIBRE INTERIOR DE LA HABITACION ? (m)? 2.6
 CUAL ES EL LARGO DE LA HABITACION? (m)? 10
 CUAL ES EL ANCHO DE LA HABITACION? (m)? 7

CUANTAS PERSONAS HABITAN EL CUARTO?? 3

Ce = 0.0003 (AIRE TOTALMENTE PURO)
 Ce = 0.0005 (AIRE MEDIANAMENTE PURO)
 Ce = 0.0007 (AIRE DE TIPO URBANO)

CUAL ES LA CALIDAD DE AIRE QUE SE INTRODUCE? (Ce)? 0.0005

CUAL ES LA TEMPERATURA MAXIMA PROMEDIO DEL MES MAS CALUROSO? (GRADOS CELSIUS)?

36

CUAL ES LA TEMPERATURA MAXIMA PERMISIBLE EN TERMINOS DE CONFORT?? 36.5

CUAL ES LA GANANCIA CALORIFICA TOTAL GANADA POR LA ESTRUCTURA (RADIACION SOLAR DIRECTA + DIFUSA)(watts)? 2154

CUALES SON LAS GANANCIAS CALORIFICAS APORTADAS POR APARATOS ELECTRODOMESTICOS?

(watts)? 1200

CUAL ES LA VELOCIDAD MEDIA DEL VIENTO EN EL MES MAS CALUROSO? (m/seg.)? 3

CUAL ES EL ANGULO DE INCIDENCIA DEL VIENTO CON RESPECTO AL PLANO DE LA VENTANA??

90

CUAL ES LA DIFERENCIA DE ALTURA ENTRE LA ABERTURA DE ENTRADA Y LA DE SALIDA? (m)
 ? 1.5

CUAL ES LA TEMPERATURA DEL AIRE QUE ENTRA?? 36

CUAL ES LA TEMPERATURA DEL AIRE QUE SALE ?? 36.5

LA CANTIDAD DE AIRE MINIMA NECESARIA PARA RESPIRAR ES DE 89.99999 (m³/h)
 LO QUE REPRESENTA UNA RENOVACION DE AIRE POR HORA DE .4945055 CAMBIOS

LA CANTIDAD DE AIRE NECESARIA PARA DISIPAR LAS GANANCIAS CALORIFICAS
 OBTENIDAS TANTO DE LA ESTRUCTURA COMO LAS GANANCIAS INTERNAS ES DE

$$Q1 = 6.227273 \text{ (m}^3/\text{seg.)}$$

DIMENSIONAMIENTO DE ABERTURAS

AREA TOTAL DE ABERTURAS DE ENTRADA:

$$3.476135 \text{ (m}^2\text{)}$$

AREA TOTAL DE ABERTURAS DE SALIDA:

$$4.345419 \text{ (m}^2\text{)}$$

EFFECTO STACK

CANTIDAD DE AIRE QUE FLUIRA DEBIDO AL EFECTO STACK

$$Q2 = .756161 \text{ (m}^3/\text{seg.)}$$

Ok

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

El flujo de aire o ventilación natural y la infiltración dentro, a través o fuera de un edificio puede originarse por dos fuerzas motrices: por la acción de presión del viento o debido a fuerzas térmicas -- (stack effect o efecto chimenea), causadas por diferencias de temperatura y presión entre el aire interior y exterior (ver fig. 133) que a su vez pueden actuar independientemente o en forma conjunta.

Para lograr un manejo adecuado de la ventilación, deben considerarse en el diseño:

- . La Geometría y el Dimensionamiento.
- . La localización y
- . El control de las aberturas.

Por lo tanto, la ventilación pasiva o natural se puede originar por la acción del viento o por la acción de las fuerzas térmicas.

La infiltración, que es una manifestación del flujo del aire exterior en las edificaciones, se presenta a través de las aberturas en diversas partes de éstos. Es en sí el flujo del aire exterior que se infiltra por diferencias de presión a través de la "piel constructiva del edificio".

Por lo que respecta a la solución de las dos premisas fundamentales del parámetro de la ventilación - de los edificios:

- a) Dotación de aire puro y renovación.
- b) Climatización natural según los requerimientos bioclimáticos estacionales diurnos del lugar; es necesario diseñar óptimamente diversos sistemas de control eólico en el edificio para lograr confort natural biotérmico de los usuarios en sus espacios.

En un edificio, cualquier sistema de ventilación, requiere necesariamente los siguientes elementos:

- a) Una fuente de aire con temperatura, humedad y pureza aceptables (calidad del aire)
- b) Una fuerza motriz para manejar el flujo del aire dentro del edificio:
 - . directa: acción del viento ó
 - . térmica: termoconvectiva inducida.
- c) Un medio o dispositivo para controlar: volumen, velocidad y dirección y flujo de aire.
- d) Un medio que permita el reciclaje, la exclusión y renovación del aire contaminado.

Existen diversos tipos de sistemas o dispositivos de control eólico: aberturas simples en ventanas, puer-

tas, cenitales y torres eólicas, difusores, turbinas, conductores termoconvectivos conectados a registros operables (efecto chimenea) y aberturas de entrada y salida especialmente diseñadas en los edificios.

A nivel general, local y particular, cualquier estudio del comportamiento del viento debe contemplar -- cuatro parámetros:

- . Velocidad
- . Dirección
- . Frecuencia
- . Turbulencia

Existen varios casos en los cuales el viento puede -- considerarse como indeseable para el confort ambiental del usuario en su habitat:

- . Cuando está muy frío (temperatura del aire -- inferior a 18°C , aproximadamente en promedio)
- . Cuando está muy caliente (temperatura del -- aire superior a 34°C , aproximadamente en promedio)
- . Cuando está contaminado * de polvos, olores, smog, CO_2 , SO_2 , NO_2 , etc.)

* Ver tabla de concentración de contaminantes máxima permisible para efectos de ventilación, en la sección de ayudas de diseño.

- . Cuando su velocidad es superior a 2.2 m/seg (en términos funcionales de confort, según la escala de Beaufort).
- . Y desde luego, cuando se presenta bajo condiciones meteorológicas especiales como tornados, ciclones o huracanes (con velocidad superior a los 20 m/seg).

En el diseño óptimo de la ventilación natural en edificios para:

- 1) La dotación de aire puro y limpio y
 - 2) La climatización natural de los espacios y el logro del bienestar higrotérmico de los usuarios, deben observarse las siguientes recomendaciones:*
- a) Los sistemas que utilicen la ventilación natural o pasiva para climatización ambiental, deben diseñarse sin importar la dirección del viento, para llevar a cabo una ventilación efectiva. La recomendación anterior se basa en el hecho de que son pocos los sitios donde existen vientos dominantes con regularidad aceptable para fines de diseño. Por lo tanto, los edificios y sus dispositivos y sistemas de control eólico deben diseñarse para una ventilación eficaz y oportuna.

* Fuente: ASHRAE Fundamentals 1981

- b) Las aberturas tanto de entrada para su -
óptimo funcionamiento, y salida, no deben
ser obstruïdas por elementos circundantes
tales como: edificios, árboles, señales,
elementos divisorios interiores, etc.
- c) El flujo de aire más poderoso y efectivo
se obtiene al diseñar y construir las --
aberturas de entrada y salida con áreas
casi iguales.
- d) El nivel de la presión neutra tiende a -
desplazarse hacia el nivel de cualquier
abertura simple, con la consecuente re--
ducción en presión a través de la abertu
ra. Dos aberturas en lugares opuestos de
un espacio, tienden a incrementar el flu
jo del aire. Si las aberturas de entrada
se localizan al mismo nivel y cerca del
techo, la mayor parte del flujo se des--
vía, eludiendo el nivel, o área de ocupaci
ción y actividades de los usuarios, resultan
do inefectivo en diluir y disipar las
partículas contaminantes que se localizan
a nivel ocupacional. Por lo tanto, flujos
de aire directos entre aberturas de salida
y entrada, en dos lados opuestos, a ni
vel alto pueden disipar y limpiar el aire
a esa altura pero no se produce un efecto

apreciable de la ventilación a uno bajo u ocupacional.

- e) Para manejar eficazmente la fuerza motriz de tipo termoconvectivo (efecto chimenea) debe existir la mayor distancia vertical posible entre aberturas de entrada y salida. Es decir, debe haber la mayor distancia vertical entre aberturas para manejar diferencias de presión y temperatura para producir una efectiva ventilación natural. Entre mayor sea la distancia vertical que separa las aberturas de entrada y salida, más poderosa y efectiva será la ventilación.
- f) Las aberturas en las cercanías del nivel de presión neutra (NPN) son menos efectivas para una buena ventilación.
- g) Las aberturas con áreas mayores que las obtenidas en el cálculo son en ocasiones deseables cuando se prevé una ocupación numerosa del espacio o bien cuando la temperatura es elevada en climas cálidos. Las aberturas deben ser accesibles y operables por los usuarios. Es recomendable también que en la medida de lo posible se uniformicen las condiciones higrotér-

micas (exceptuando baños, cocinas y espacios productores de humo, vapor y calor excesivos) en los espacios habitables -- por medio de dispositivos de control -- eólicos operables en puertas, muros, cancelas divisorios, ventanas, etc.

- h) Cuando las dos fuerzas que producen la ventilación natural y la infiltración en un edificio: la presión del viento y las fuerzas termoconvectivas (efecto chimenea) actúan en forma conjunta inclusive sin interferencia, el flujo de aire resultante no es igual a los dos flujos -- actuando separadamente. El flujo de aire a través de cualquier abertura es directamente proporcional a la raíz cuadrada de las diferencias de presión actuando en dicha abertura.

Finalmente, es importante recordar que la necesidad ambiental más urgente para la vida humana es la respiración. Dotar de aire limpio, rico en oxígeno para respirar, es fundamental en toda obra arquitectónica donde los usuarios desarrollan diversas actividades. El bienestar higrotérmico de los usuarios a través de un movimiento eficaz y continuo de aire vital para evacuar por convección y evaporación el calor y hume-

dad, respectivamente, excesivas del cuerpo al desarrollar el usuario sus diversas actividades ya sea por metabolismo basal o muscular. Es por lo tanto, necesario, analizar y manejar el viento en el diseño arquitectónico y urbano con la importancia que realmente tiene, considerándolo en un contexto integral, armónico y simultáneo, ya que es precisamente el factor de la naturaleza más variable e imprevisible. Es necesario para el arquitecto, diseñador de espacios y constructor de edificaciones retomar esta responsabilidad, ya que tenemos el compromiso moral de cumplir nuestro alto cometido social de aportar lo correspondiente a nuestros conocimientos y capacidades y así brindar espacios saludables, confortables y habitables para el cuerpo, la mente y el espíritu del hombre y mejorar sus condiciones de vida y las de sus generaciones futuras; buscando siempre -- hacer un uso eficiente y óptimo de la energía y los recursos disponibles para coadyuvar finalmente a la preservación y mejoramiento de nuestro medio ambiente.

AYUDAS DE DISEÑO

AYUDAS DE DISEÑO.

- AD-1 Escala de Beaufort.
- AD-2 Velocidades del viento en espacios interiores y su efecto en los usuarios.
- AD-3 Requerimientos mínimos de ventilación.
- AD-4 Efectos de la dirección del viento en sistemas de ventilación cruzada.
- AD-5 Efectos de la dirección del viento en sistemas de ventilación unilateral.
- AD-6 Diferencias de temperatura entre las aberturas de entrada y salida.
- AD-7 Volumen de aire de renovación por persona y por hora.
- AD-8 Contaminantes del aire interior en los edificios.
- AD-9 Concentraciones de contaminantes máximos permisibles para la ventilación natural.
- AD-10 Elementos de ventana y sus funciones (algunos).

AD-1 ESCALA DE LA FUERZA DEL VIENTO DE BEAUFORT

ESCALA	DESCRIPCION	VELOCIDAD m/s	EFFECTO EN EL HOMBRE	EFFECTO EN EDIFICIOS Y VEGETACION
0	Calma	0 - 0.5	Ninguno	El humo sube verticalmente, superficie del agua tranquila.
1	Aire ligero	0.6 - 1.5	Movimiento apenas percibido debido al efecto de enfriamiento.	La dirección del viento es mostrada por el humo pero no por las veletas.
2	Brisa ligera	1.6 - 3.3	Aire fresco es sentido sobre la cara.	Murmullo de las hojas.
3	Brisa suave	3.4 - 5.4	El cabello se mueve, ligero golpeo de la ropa, empieza la incomodidad.	Hojas y ramitas se mueven, ligera extensión de banderas, rizos en el agua.
4	Brisa moderada	5.5 - 7.9	El cabello se desarregla, medianamente incómodo.	El polvo se levanta y los papeles se vuelan, la arena se extiende sobre el terreno.
5	Viento fuerte	8.0 - 10.7	La fuerza del viento es sentida incómodamente sobre el cuerpo.	Los árboles con follaje empiezan a ladearse, la arena es impulsada, ondas de agua con cresta blanca.
6	Viento muy fuerte	10.8 - 13.8	Se escucha el viento, el cabello se extiende de frente, difícil caminar firmemente.	Se desprenden las hojas, la arena o nieve sopla sobre la cabeza, las ramas grandes son movidas.
7	Vendaval	13.9 - 17.1	Caminar contra el viento equivale a subir con una inclinación de 1/7	Todos los árboles completamente en movimiento.
8	Ventarrón	17.2 - 20.7	Generalmente se impide el paso, equivale a subir una cuesta de 1/5	Ramas grandes se doblan, las ramitas pequeñas se rompen.
9	Ventarrón fuerte	20.8 - 24.4	La gente es aventada por las ráfagas, equivale a subir una cuesta de 1/4	Estructuras ligeras dañadas, maderas y tejas removidas.
10	Borrasca	24.5 - 28.4	Caminar contra el viento equivale a subir una cuesta de 1/3 pero las	Estructuras considerablemente dañadas, árboles partidos o arrancados de cu-

			<i>ráagas hacen prácticamente imposible moverse.</i>	<i>jo.</i>
11	Borrasca Fuerte	28.5 - 29.0	Hombres y animales arrastrados o elevados.	Edificios totalmente destruidos, - bosques enteros arrancados.
12	Borrasca muy Fuerte	más de 29.0	Más fuerte que el anterior	Más fuerte que el anterior

Notas: Las velocidades del viento fueron medidas a 10 m. de altura en terreno abierto.
 La energía requerida para subir una pendiente puede ser comparada con la requerida para caminar en contra del viento.
 Las pendientes mostradas en las tablas están relacionadas con promedios de velocidad de viento, pero la turbulencia causará fluctuaciones en la velocidad del viento y hará el caminar más difícil.

AD-2 VELOCIDADES DEL VIENTO EN ESPACIOS INTERIORES Y SU EFECTO EN LOS USUARIOS.

VELOCIDAD m/s	EFECTO MECANICO	EFECTO EN EL USUARIO	EFECTO DE ENFRIAMIENTO (°C)				
			piel seca 15°C	20°C	25°C	30°C	piel húmeda 30°C TBS (aire ambien
0.10	Mínimo a nivel doméstico	Puede sentirse sofocación	0	0	0	0	0
0.25	El humo del cigarro indica el movimiento.	Movimiento imperceptible excepto a bajas temperaturas del aire	2	1.3	0.8	0.5	0.7
0.50	Flamear de una vela	Se siente fresco a temperaturas confortables, pero incómodo a bajas temperaturas.	4	2.7	1.7	1.0	1.2
1.00	Papeles sueltos - pueden moverse, - equivale a la velocidad al caminar	Agradable generalmente cuando el clima es confortable o caliente pero causa una sensación de movimiento patente. Es el nivel máximo - aceptable de confort nocturno.	6.7	4.5	2.8	1.7	2.2
1.50	Demasiado rápido para trabajos de oficina. Se vuelan los papeles	Incómodo a temperaturas confortables. Límite máximo de confort para actividades en el interior.	8.5	5.7	3.5	2.0	3.3
2.00	Equivale a la velocidad al caminar rápido	Aceptable sólo en condiciones muy cálidas y húmedas, cuando ningún otro alivio ambiental está disponible.	10.0	6.7	4.0	2.3	4.2

NOTA: El efecto en el usuario se refiere a situaciones cotidianas domésticas. En edificios industriales y de otro tipo, las velocidades del viento pueden ser deseables y confortables. (B. Evans)

AD-3 REQUERIMIENTOS MINIMOS DE VENTILACION.

ESPACIO Y ACTIVIDAD

	RANGOS DE VENTILACION				CAMBIOS DE AIRE POR HORA
	Litros/seg. Bueno	Regular o favorable	M ³ / hora Bueno	Regular o favorable	
Dispersión de olores (por persona)					
Densidad de ocupación:					
5 m ² /persona	8	5	29	18	1.2 - 2.0
10 m ² /persona	5	3	18	11	0.4 - 0.7
15 m ² /persona	3	1.5	11	5.5	0.1 - 0.25
Dispersión de humo de tabaco (por persona)	7		25		
W.C. 4.5 m ³	6*		22*		3.0
W.C. y baño 12.0 m ³	12*		44*		1.5
Cocina (10 m ²) para prevenir condensación					
- Cocción con gas sin superficies absorbentes	108		390		13
- Cocción con electricidad sin sup. absorbentes	75		270		9
- Cocción con gas con superficies absorbentes	46		166		5.5
- Cocción con electricidad con sup. absorbentes	22		72		2.7
- Control de los olores del proceso de cocción (únicamente)	33		120		4.0
Mínimo para todo el edificio **					
- mínimo					1
- para evitar olores y sofocación					2
- para evitar condensación, pero con el riesgo de incrementar las pérdidas de calor					4

NOTAS:







* Sólo ventilación artificial intermitente.

** Depende del tamaño del edificio y de la densidad de ocupación
mayores proporciones pueden requerirse en edificios pequeños densamente ocupados.

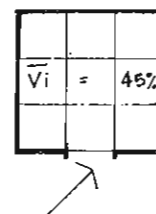
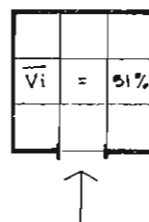
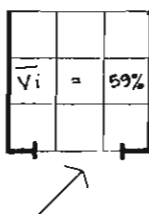
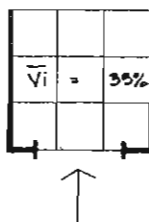
(B. Evans).

AD-4








EFFECTOS DE LA DIRECCION DEL VIENTO EN SISTEMAS DE VENTILACION CRUZADA. (1)

ANCHO DE LA ENTRADA	ANCHO DE LA SALIDA	VENTANAS EN MUROS OPUESTOS.			VENTANAS EN MUROS ADYACENTES.		
		VIENTO PERPENDICULAR 90° 	VIENTO OBLICUO 45° 	VIENTO LATERAL 180° → 	VIENTO PERPENDICULAR 90° 	VIENTO OBLICUO 45° 	VIENTO DE SUCCION 315° 
1/3	1/3	35	42	—	45	37	22
1/3	2/3	39	40	—	52	44	23
1/3	3/3	44	44	—	51	45	26
2/3	1/3	34	43	—	51	46	—
2/3	2/3	37	57	21	—	—	—
2/3	3/3	35	59	—	—	—	—
3/3	1/3	32	42	—	50	37	—
3/3	2/3	36	62	—	—	—	—
3/3	3/3	47	65	24	—	—	—

(Porcentaje de velocidad con respecto a la velocidad libre del viento exterior)



AD-5EFFECTO DE LA DIRECCION DEL VIENTO EN VENTILACION UNILATERAL. ⁽¹⁾

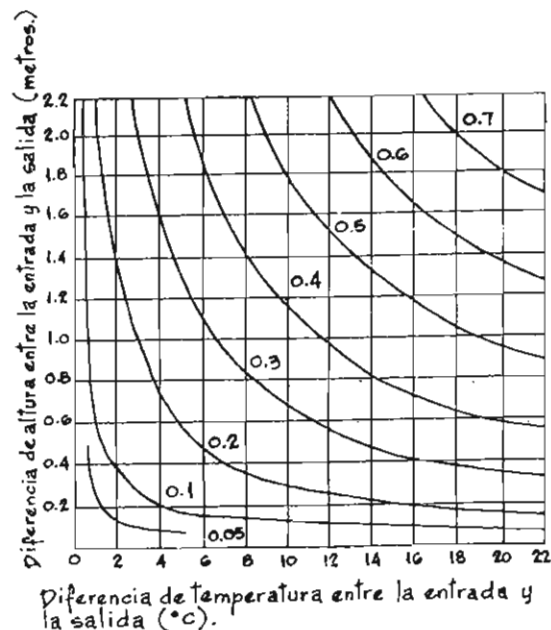
ANCHO DE LA VENTANA	VIENTO PERPENDICULAR	VIENTO OBLICUO	VIENTO DE SUCCION
	90° 	45° 	315° 
 1/3	13	12	14
 2/3	13	15	17
 3/3	16	23	17
 2 x 1/6	17	21	12

(Porcentaje de velocidad con respecto a la velocidad libre del viento.)

AD-6

DIFERENCIAS DE TEMPERATURA ENTRE LAS ABERTURAS DE ENTRADA Y SALIDA.

DT (°C)	Q (m³/s)	H (m)
2	0.2	1.37
4	0.2	0.68
6	0.2	0.46
8	0.2	0.34
10	0.2	0.27
2	0.4	5.46
4	0.4	2.73
6	0.4	1.82
8	0.4	1.36
10	0.4	1.09
2	0.6	12.29
4	0.6	6.15
6	0.6	4.10
8	0.6	3.07
10	0.6	2.46
2	0.8	21.86
4	0.8	10.93
6	0.8	7.28
8	0.8	5.46
10	0.8	4.37
2	1.0	34.15
4	1.0	17.07
6	1.0	11.38
8	1.0	8.53
10	1.0	6.83



Diferencias de temperaturas (DT) entre las aberturas de entrada y salida y la diferencia de altura (H) necesaria para lograr el efecto stack haciendo pasar una cantidad de aire (Q) a través de una abertura de entrada de 1 m² para FR=1

AD-7 VOLUMEN DE AIRE DE RENOVACION POR PERSONA/HORA

TIPO DE LOCAL	TEMPERATURA MEDIA °C	VOLUMEN AIRE POR PERSONA (m3/hora)	V/T
<i>Viviendas:</i>			
Dormitorios	15	30	2
Salas de estar	18	35/40	2
Cocinas	14	42/45	3
Baños	20	40	2
<i>Hospitales:</i>			
Consultorios	16	48/50	3
Sala operatoria	25	75/100	3
Sala partos	25	75/100	3
Contagiosos adultos	18	54/80	3
Contagiosos niños	18	36/50	2
<i>Oficinas:</i>			
Individuales	18	36	2
Colectivos (con humo de tabaco)	16/18	40	2,5
<i>Escuelas y colegios:</i>			
Aulas	16	24/30	1,5
Dormitorios	14	42	3
Comedores	15	30	2
Teatros	16/18	18/20	1
Iglesias	10/12	12/15	1
<i>Locales industriales:</i>			
Trabajo mediano sin exhalaciones contaminantes. Esta medida es muy variable en relación al tipo de in- dustria)	12/14	25	2

Fuente: Acondicionamiento natural y arquitectura ... Puppo pág. 134

AD-8 CONTAMINANTES DEL AIRE INTERIOR EN LOS EDIFICIOS.

F U E N T E S	TIPOS DE CONTAMINANTES
<u>Exterior.</u>	
Aire Ambiente	$SO_2, NO, NO_2, O_3, CO_2, CO$
Vehículos automotores	CO, Pb
Suelo	Radón
<u>Interior.</u>	
Materiales de construcción del edificio:	
Concreto y piedra	Radón
Triplay y sintéticos de madera	Formaldehídos.
Aislantes	Formaldehídos y fibras de vidrios
Retardador de fuego	Asbestos
Pintura	Mercurio.
Elementos del edificio:	
Utensilios de cocción y calefacción	CO, NO, NO_2 , formaldehídos
Aguas hervidas y gas natural	Radón.
Actividad metabólica de los ocupantes	H_2O, CO_2, NH_3 y olores
Actividades humanas	
Humo de cigarro	CO, NO_2 y olores
Aerosoles	Fluorocarbono y clorobinilo
Productos para la limpieza y de cocina	NH_3 y olores

Fuente: ASHRAE. Fundamentals Pág. 22.2

AD-9 CONCENTRACIONES DE CONTAMINANTES MAXIMOS PERMISIBLES PARA LA VENTILACION NATURAL.

C O N T A M I N A N T E S	PROMEDIO ANUAL (media aritmética) $\mu\text{g}/\text{m}^3$	NIVEL A CORTO PLAZO (no mayor de una vez al año). $\mu\text{g}/\text{m}^3$	PERIODO PROMEDIO horas
1. Partículas suspendidas	60	150	24
2. Oxidos de Azufre	80	400	24
3. Monóxidos de carbono	20,000	30,000	8
4. Hidrocarburos (no se incluyen metanos)	1,800	4,000	3
5. Oxidantes fotoquímicos	100	500	1
6. Oxidos de Nitrógeno (flamas de estufas, hornos, etc.)	200	500	24
7. Olores: esencialmente inobjetables			
8. Otros contaminantes que no excedan 0.1. el valor límite establecido por la Con- ferencia Americana de la Higiene Indus- trial.			
9. Formaldehídos (plásticos, aislantes u otros similares)			
10. Radón (producción por diferentes fuen- tes naturales o artificiales)			

(de estos dos últimos no se tienen parámetros
admisibles establecidos).

* ASHRAE Fundamentals 1977 P. 21.13

AD-10 ELEMENTOS DE VENTANA Y SUS FUNCIONES (algunos)

ELEMENTO	FUNCION	APLICACION TIPICA
Cortinas gruesas	<ul style="list-style-type: none"> - Reduce las pérdidas de calor (o ganancia) - Provee privacidad nocturna - Reduce la iluminación natural 	Habitaciones de uso nocturno en estaciones frías.
Cortinas delgadas	<ul style="list-style-type: none"> - Reduce el deslumbramiento - Iluminación difusa - Provee privacidad diurna 	Habitaciones de uso diurno
Vidrio (cerrado)	<ul style="list-style-type: none"> - Reduce las pérdidas de calor - Permite el paso de la radiación solar y las ganancias de calor. - Evita las pérdidas de calor por radiación de ondas de longitud largas. - Permite la vista al exterior - Permite la entrada de iluminación natural. - Excluye el polvo, ruido, contaminación, insectos, lluvia, viento, etc. 	Alto porcentaje de vidriado fijo en climas fríos.
Vidrio (abierto)	<ul style="list-style-type: none"> - Permite el movimiento de aire (para el enfriamiento del cuerpo) - Permite la ventilación (por higiene) - Permite la ventilación (para enfriamiento del espacio y la estructura) 	Alto porcentaje de vidriado móvil en climas cálidos.
Contraventana o cortina enrollable sólida.	<ul style="list-style-type: none"> - Excluye la radiación solar - Provee seguridad - Excluye la lluvia - Protege las aberturas de fuertes vientos - Evita el deslumbramiento - Reduce el índice de transferencia de calor 	<p>En ventanas sin sombreado en climas soleados cálidos.</p> <p>Áreas sujetas a fuertes tormentas y huracanes.</p> <p>Climas fríos en donde debe reducirse la pérdida de calor.</p>

Contraventana de persiana o de celosía

- Evita el deslumbramiento.
- Provee seguridad
- Permite el movimiento de aire y la ventilación
- Provee privacidad.
- Evita la radiación solar directa.
- Permite que la luz solar reflejada entre.

Climas que requieren ventilación nocturna.
Climas con fuerte luz solar reflejada

Particiones o pantallas fijas (barras de seguridad)

- Provee seguridad
- Reduce los niveles de iluminación
- Reduce el deslumbramiento
- Reduce la radiación solar
- Aumenta la privacidad.

Climas que requieren ventilación nocturna.

Telas o mallas de mosquitero

- Evita el paso de insectos
- Provee privacidad diurna
- Reduce los niveles de iluminación.
- Reduce el deslumbramiento.
- Reduce la ganancia de calor radiante.
- Reduce el movimiento de aire.

Climas que requieren ventilación nocturna.

Dispositivos de sombreado exteriores

- Permiten la vista al exterior
- Protección contra la lluvia
- Protección de la radiación solar directa
- Protección del deslumbramiento o reflejos

Habitaciones de uso diurno orientadas al sol.
(donde se requiere simultáneamente de vista, luz y sombra).

(B. Evans).

GLOSARIO

GLOSARIO DE TERMINOS

A

Acondicionamiento de aire:

Proceso de tratamiento de aire en el que se -- controla simultáneamente su temperatura, humedad y calidad.

Aire Seco:

Es una mezcla de varios gases (78% nitrógeno, 21% oxígeno y 1% de otros gases como: anhídrido carbónico, hidrógeno y argón). La densidad del aire seco a 21°C T.B.S.* y al nivel del mar, es de 1.2 kg/m³. El volumen específico -- del aire, en m³/kg de aire, depende de la temperatura y de la presión (aumenta con la temperatura y disminuye con la presión atmosférica).

Aislamiento Térmico:

Material que presenta una resistencia relativamente alta al paso del calor, se emplea para -- disminuir el flujo de calor.

Altitud:

Es la altura con relación al nivel del mar; al aumentar la altura, el aire está menos cargado de partículas sólidas y líquidas, y son esas -- partículas las que absorben las radiaciones solares y las difunden aumentando la temperatura del aire.

Altitud Solar:

Es la altura que ocupa el sol un día y una hora determinados. Se determina con el ángulo que forma la visual hacia el sol con el plano del horizonte.

Aprovechamiento Solar en el Espacio Urbano:

Es un proceso de la organización del medio físico natural o artificial integrado a la planeación urbana cuyo procedimiento consiste en el ordenamiento del espacio público por medio de una correcta utilización de los recursos naturales, para mejorar las condiciones ambientales en favor de los asentamientos humanos; tanto urbanos como rurales.

Azimut:

Es el ángulo diédrico que forma el plano vertical que contiene al sol, con el eje norte-sur del meridiano del lugar.

B

Barómetro:

Instrumento para medir la presión atmosférica.

British Thermal Unit (BTU)

Es el calor requerido para elevar la temperatura de una libra de agua de 59° a 60°F.

C

Calor:

Es una forma de energía manifestada por el movimiento molecular.

Calor Basal:

Es la cantidad de calor producida por el ser humano; en estado de reposo, cuyo promedio en el adulto, es de 73 Kcal/hora.

Calor Específico:

Es la cantidad de calor requerido para producir un cambio de unidad de temperatura por unidad de masa. Es una constante para cada material.

Calor específico para varios materiales:

Vapor de agua	0.44	Kcal/Kg°C
Agua	1.0	"
Aire	0.24	"
Ladrillo	0.22	"
Vidrio	0.21	"
Hielo	0.50	"

Calor Latente:

(o entalpía de vaporación) es la cantidad de calor (en Kcal) para cambiar el estado físico de una sustancia, sin variar su temperatura.

Calor Sensible:

Es la cantidad de calor (en Kcal) absorbido -- por una sustancia, como un fluido, al elevar su temperatura sin cambiar su estado físico.

Caloría:

Unidad empleada para evaluar las cantidades de calor. Una caloría permite elevar un grado centígrado la temperatura de un gramo de agua de 14.5° a 15.5° a una presión atmosférica normal.

Cambios de Aire:

Método de expresar la cantidad de aire extraído o introducido a un edificio o habitación, - en términos del número de volúmenes del edificio o de la habitación intercambiados.

Cambio de Estado:

Cambio de una fase (sólido, líquido o gas a -- otra).

Capacidad Calorífica:

Es la capacidad de almacenar calor que poseen todos los materiales. Está en función del calor específico, la densidad y la masa por unidad de volumen.

Carta Psicrométrica:

Es la representación gráfica de las propiedades termodinámicas del aire ambiente.

Circulación de Aire:

Movimiento del aire natural o inducido.

Coefficiente de Conductividad.

Es la capacidad que tiene un material para transmitir calor por conducción.

$$\frac{\text{K cal}}{\text{hm}^2 (^\circ\text{C/m})} = \frac{\text{B.T.U.}}{\text{hft}^2 (^\circ\text{C/ft})}$$

Es la cantidad de calor (Kcal), que pasa en una unidad de tiempo (t) a través de una unidad superficial (fm) de espesor unitario (fm) que tenga una diferencia de temperatura de la unidad de 1°C entre sus caras en un material homogéneo.

Coefficiente de Transmisión de Calor.

"U". Es la cantidad de calor (Kcal), que pasa en una unidad de tiempo (1h) a través de muros, techos, pisos, etcétera (elementos compuestos por varios materiales, en su espesor), con unidad de superficie de 1m, que tenga una diferencia de temperatura de 1°C entre sus caras (inte

rior y exterior).

$$U = \frac{\text{Kcal.}}{\text{hm}^2\text{°C}} = \frac{1}{\frac{1}{f_e} + \frac{1}{f_i} + \frac{e1}{K1} + \frac{e2}{K2} + \dots + \frac{e_n}{K_n}}$$

Coefficiente de Sombra.

Relación entre la ganancia de calor a través de un sistema de vidrio cualquiera bajo ciertas condiciones y la ganancia de calor a través de un vidrio doble fuerza en las mismas condiciones.

Coefficiente de Superficie.

Efecto que produce el viento en una superficie bajo la radiación solar, interviene en la fórmula para determinar la temperatura sol-aire.

Conducción.

Es cuando el calor se transmite por cedencia entre moléculas, pasando de las más cálidas a las menos cálidas; ésto da la dirección del flujo.

Conductancia Térmica.

Transmisión térmica en unidad de tiempo a través de una unidad de área de un cuerpo en particular.

Conductividad Térmica.

Es la transmisión térmica -por conducción solamente- en unidad de tiempo a través de una unidad de área de un cuerpo en dirección perpendicular a la superficie, con diferencial de un - grado entre caras.

Conservación de Energía.

La primera ley de la termodinámica o el principío que establece que la energía no puede ser creada ni destruida.

Constante Solar.

La cantidad de radiación solar recibida por -- unidad de tiempo por unidad de área, por una - superficie normal al sol que se encuentra a la distancia media entre la tierra y el sol.

Convección.

Movimiento de un fluido líquido o gaseoso debido a la gravedad y al calentamiento diferencial de dicho fluido. El calor se transmite por convección de un lugar a otro debido al movimiento o circulación de un fluido.

D

Declinación del Sol.

El ángulo formado entre el plano de la eclíptica

ca y el plano ecuatorial terrestre.

Día Diseño.

Día para el cual se realizan los cálculos de la carga térmica.

Día Grado:

Medida que indica la diferencia entre la temperatura de confort máxima o mínima y la temperatura media, de forma tal que la suma mensual de los valores diarios de esas diferencias, dan los días-grado/mes.

Deshumidificación.

Condensación de vapor de agua existente en el aire. La deshumidificación puede efectuarse enfriando abajo del punto de rocío, o por extracción del vapor de agua con métodos químicos o físicos.

Diferencial de Temperatura.

Se considera como la diferencia entre las temperaturas de diseño exterior e interior.

E

Efecto de Chimenea. (stack effect)

Debido a la diferencia de densidad entre el aire frío y el caliente, se forman corrientes

por convección natural, por lo que el aire ca
liente se eleva pudiéndose así canalizar al -
exterior. Este efecto acelera los cambios de
aire en el interior de una edificación a manera
de un extractor.

Efecto de Invernadero.

Cuando las temperaturas exteriores son lo sufi
cientemente bajas como para hacer imprescindi-
ble la calefacción, existen factores que produ-
cen calor adicional, como son los rayos del --
sol invernales que calientan las paredes del -
edificio o la radiación solar que entra por --
las ventanas y que queda presa dentro del mis-
mo a causa del efecto invernadero. Una vez ---
atravesado el cristal, la radiación solar ca--
lienta el aire y la superficie del interior.

Emisividad.

La capacidad de una sustancia para emitir energía
radiante. Está dada por la relación del --
flujo de energía emitido por un cuerpo con res
pecto al emitido por un cuerpo negro ideal, a
la misma temperatura.

Energía.

La cantidad de energía está dada por la capacid
dad de efectuar un trabajo. La energía toma di

ferentes formas: mecánica, eléctrica, química, etc.

Energía Interna.

Es la suma de las energías cinética y potencial, que contiene una sustancia debido a los estados de movimiento y separación de sus moléculas, átomos y electrones. Incluye el calor latente correspondiente al incremento de energía durante la evaporación.

Enfriamiento.

Disminución de la temperatura de una sustancia debido a la extracción de calor hasta una temperatura mayor al punto de congelación.

Enfriamiento de Aire.

Reducción en la temperatura del aire debido a la extracción de calor como resultado de su contacto con un medio que se mantiene a una temperatura menor que la del aire. El enfriamiento puede estar acompañado por adición de humedad (evaporación) o tracción de la misma (deshumidificación); o bien puede hacerse sin cambio en la humedad.

Enfriamiento Evaporativo.

Involucra el intercambio adiabático entre el -
aire y una superficie húmeda o agua espreada.
El agua adquiere la temperatura de bulbo hume-
do del aire, la cual permanece constante a lo
largo del intercambiador.

Entalpía.

Es la cantidad de calor que contiene un fluido
en kilocalorías/Kg.

Evaporación.

Cambio de estado líquido a vapor.

Factor de Emisividad.

Es la relación del poder emisor de una super-
ficie real con relación al cuerpo negro perfec-
to.

Factor de ganancia de calor solar.

Ganancia de calor debida a la energía solar --
transmitida y absorbida por una hoja de vidrio
doble fuerza sombra.

Ganancia Solar Directa.

Se da esta denominación al hecho de aprovechar el calor producido por los rayos solares al -- atravesar primero el espacio habitable por calentarse e incidir después en masas térmicas captadoras-almacenadoras, que luego emitirán en un lapso de tiempo, como son los materiales densos de baja porosidad. Esta situación se da a través de paredes, cubiertas, ventanas, etc. - al captar, absorber o permitir éstos el paso - de los rayos solares sin el uso de medios mecánicos.

Ganancia Solar Indirecta.

Aquí los rayos solares ya no viajan a través - del espacio habitable, pero siguen incidiendo sobre la masa almacenadora, sólo que en primer término, la cual transfiere los flujos de calor al interior por medios naturales (propiedades - térmicas). En el concepto de ganancia solar indirecta, una masa de almacenamiento colecta y - almacena directamente el calor del sol y transfiere el calor al espacio habitable: los flujos de calor penetran a él por medios naturales.

H

Humedad.

*Cantidad de vapor de agua que se encuentra -
en un volumen de aire; se expresa en gramos -
de vapor de agua por metro cúbico de aire.*

Humedad Relativa.

*Es la cantidad de vapor de agua existente en -
el aire con relación a la máxima cantidad de
vapor de agua que puede tener para saturarse -
a la misma temperatura.*

Humedad Absoluta.

*El peso del vapor de agua por unidad de volu--
men.*

Humedad Específica.

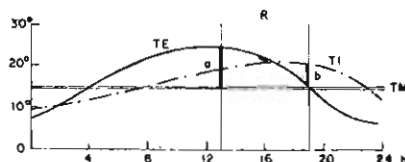
*La relación de la masa del vapor de agua, a la
masa de aire seco contenido en la muestra.*

I

Inercia térmica.

*La temperatura del sol-aire tiene una variación
en las 24 horas, variación que se representa -
con una curva sinusoidal; también la variación
de las temperaturas interiores tendrán una grá
fica similar, pero esta variación dará una cur*

va menos acentuada (amortiguación) y una traslación horaria (retraso) de los máximos y mínimos. De esta forma se tendrá una curva de las temperaturas exteriores y una curva de las interiores; comparando las dos curvas, resulta evidente en qué intervalos tenemos un flujo - térmico del exterior al interior y en cuáles lo tenemos en sentido inverso.



TE = Temperatura Exterior

TI = Temperatura Interior

R = Retraso térmico

TM = Temperatura media

$\frac{b}{a} = Am = \text{Amortiguación}$

Infiltración.

Se lleva a cabo por todos los huecos de un edificio y se debe a las diferencias de presión - entre el interior y exterior causadas por los vientos y la diferencia de temperaturas.

Insolación.

Es la intensidad de radiación recibida por una superficie terrestre expuesta a los rayos solares.

Intercambiador de calor:

*Dispositivo para intercambiar calor entre dos
fluidos separados físicamente.*

Isobárico.

Cambio que se efectúa a presión constante.

Isotérmico.

*Indica un cambio efectuado a temperatura consta
tante.*

K

Kilocaloría.

*Es la cantidad de calor necesaria para elevar
un kilogramo masa de agua, a 1°C de temperatura.*

L

Latitud.

*Es una de las coordenadas que determinan la pos
sición de un punto de la superficie terrestre;
indica la línea del ecuador y los trópicos de
Cáncer (paralelo de latitud 23° 27'N) y de Ca-
pricornio (23°27'S); son los límites de las --
zonas tropicales y subtropicales.*

Longitud.

Indica la posición de los meridianos. Son líneas que se juntan en los dos polos y que cruzan el ecuador. Este se divide en 180° hacia el Oeste. Considerando como origen (longitud = 0°) al meridiano de Greenwich.

M

Masa del Aire.

Es la distancia que recorre la radiación a través de la atmósfera; se considera como unidad la trayectoria vertical al nivel del mar.

Método directo de enfriamiento.

Sistemas en el cual el evaporador está en contacto directo con el material, espacio refrigerado o se encuentra en los pasajes de aire circulante que comunica esos espacios.

Medio Refrigerante.

Sustancia cuya temperatura es tal que se emplea ya sea con cambio de fase o para disminuir la temperatura de otros cuerpos o sustancias.

Milímetro de mercurio.

Unidad de presión equivalente a la presión ejercida por una columna de mercurio a 1 mm. de altura a 0°C .

O

Oscilación Extrema Anual.

Es la diferencia de temperaturas media extrema del mes más caliente y más frío.

Oscilación Térmica Anual.

OTA es la que nos representa la variación entre el mes más frío y el más caliente. OTA = mes más caliente menos mes más frío.

P

Película de Aire.

Transmisión térmica en unidad de tiempo a través de una unidad de área de una superficie - en contacto con sus alrededores por unidad de diferencia entre la temperatura de la superficie y la temperatura del aire.

Peso Específico.

Es la relación existente entre el peso de un cuerpo y su volumen. Peso específico del aire, 1.2 Kg/m^3 .

Piranómetro.

Instrumento para medir la radiación solar hemisférica global (directa + difusa). Generalmente se mide en una superficie horizontal. -- Cuando se desea medir radiación difusa, sobre

el piranómetro se coloca una banda que obstaculiza la radiación directa. En este caso el instrumento se transforma en difusómetro.

Pirneliómetro.

Instrumento que emplea un detector colimado - para medir la radiación solar directa, a incidencia normal.

Porcentaje de Humedad.

Relación de la humedad específica del aire húmedo con la del aire saturado a la misma temperatura y presión.

Precalentamiento.

En acondicionamiento de aire, se le denomina al calentamiento que se hace al aire antes de someterlo a otros procesos.

Presión.

La fuerza que ejerce en sentido normal, un -- fluído homogéneo sobre una unidad de área del recipiente que lo contiene.

Presión Atmosférica.

La presión debida al peso de la atmósfera, es la presión indicada por un barómetro.

Presión de Saturación.

La presión de saturación de una sustancia pura a una temperatura dada, es la presión a la ---cual el vapor y el líquido o el vapor y el sólido coexisten en equilibrio.

Presión de Vapor.

La presión ejercida por un vapor. Cuando el vapor se acumula sobre el líquido a una temperatura constante, la presión de vapor se aproxima al límite máximo o de saturación; sus unidades son m.m. Hg.

Propiedades Termodinámicas.

Propiedades básicas que definen el estado de -una sustancia (presión, temperatura, volumen, entalpía, entropía).

Psicrómetro.

Instrumento para determinar la humedad o estado higrométrico de la atmósfera.

Punto de Congelación.

Temperatura a la cual un líquido se solidifica o congela debido a la extracción de calor.

Punto de Ebullición.

Temperatura a la que la presión de vapor de un líquido es igual a la presión externa en la interfase líquido-vapor.

Punto de Fusión.

La temperatura a la que la fase sólida y la fase líquida de una sustancia, se encuentran en equilibrio a una presión dada.

Punto de Rocío Ambiente.

Temperatura correspondiente a la saturación (100% de humedad relativa) para una humedad absoluta dada y una presión constante.

R

Radiación Difusa.

Radiación que se recibe del sol, después de un cambio de dirección debido a la reflexión o a la dispersión por la atmósfera, nubes o alguna superficie.

Radiación Directa.

La radiación que se recibe del sol, directamente del disco solar (sin obstáculo alguno).

Radiación Térmica.

Son ondas caloríficas emanadas por los cuerpos diferenciándose de las ondas luminosas por tener mayor su longitud y menor su frecuencia; - sus unidades de medición son calorías/cm², -- Kcal/m², langles, watt/m².

Radiación Solar.

Radiación que proviene del sol y que se encuentra entre intervalo de longitudes de onda de - 0.3 a 3 micras.

Reflexión.

Consiste en la retransmisión en otra dirección de la radiación incidente en una superficie -- sin alterar su energía.

Resistencia Térmica.

Es la propiedad que tienen los materiales de oponerse al paso del calor. La resistencia total de un cuerpo, es igual a la suma de las resistencias de cada uno de sus componentes.

$$RT = R_1 + R_2 + R_3 + \dots R_n$$

S.

Situación Adiabática del Aire.

Es la adición de agua al aire no saturado para aumentar su proporción de humedad, pero sin transmisión de calor y sin aumento ni disminución de la entalpía de la mezcla.

En el caso de la temperatura del bulbo húmedo que se registra con el termómetro cubierto con un fieltro humedecido que se evapora adiabáticamente por una corriente de aire; para la evaporación, el calor necesario se toma del mismo aire y de la propia agua.

Sistema Bioclimático o Pasivo.

Se enfoca a aprovechar los componentes de las construcciones (ventanas, techumbres, acabados etc.) para suministrar los flujos energéticos requeridos y alcanzar las condiciones de bienestar térmico humano como si se tratara de un colector solar habitable y regulable respecto a las fluctuaciones diarias y estacionales del clima; por ejemplo: la orientación, los dispositivos de control solar, etc.

Sistema Solarizado o Activo.

Este se basa en el empleo de dispositivos o artefactos para la captación, almacenamiento y transformación de la energía, como son la ener

gía mecánica o eléctrica (invernadero, fotocelldas, colectores solares, entre otros). Por --- ejemplo: aerogenerador, etcétera.

Superficie Deshumificadora.

Una unidad de acondicionamiento de aire, diseñada para el enfriamiento y deshumidificación del aire al pasar por un intercambiador húmedo.

Superficie Refrigerante.

Método de enfriar aire o algún otro gas pasándolo por superficies frías.

I

Temperatura.

Es la intensidad de calor que tiene un cuerpo almacenado, dependiendo del calor del medio - circundante.

Temperatura de Bulbo Seco.

(ambiente)-Media aritmética de los promedios - mensuales y anuales de la temperatura al ambiente, calculada con los datos del período.

Temperatura de Bulbo Húmedo.

Temperatura alcanzada en estado estacionario - por una pequeña cantidad de líquido en fase de evaporación dentro de una mezcla gas-vapor no

saturada.

Temperatura Máxima Extrema Mensual.

Es la temperatura máxima registrada en un mes.

Temperatura Media Anual.

Es el promedio de las temperaturas medias men
suales ocurridas durante el año.

Temperatura Media Extrema Anual.

Es el promedio de las temperaturas medias ex
trema mensual durante el año.

Temperatura Media Extrema Mensual.

Es el promedio de la temperatura mínima extre
ma y máxima extrema mensual.

Temperatura Media Mensual.

Es el promedio de las temperaturas medias dia
rias ocurridas durante el mes.

Temperatura Sol-Aire.

Temperatura que resulta al incrementársele a la temperatura exterior los efectos de la radiación y de los vientos incidentes en una su
perficie; se expresa por la fórmula: $\alpha \frac{I_r}{f} + t_e$

donde: α = factor de absorción del material

I_r = radiación total incidente en esa superficie,

f = coeficiente de superficie que depende de la velocidad del viento

t_e = Temperatura exterior.

Temperatura de Rocío.

Temperatura a la que se inicia la condensación del vapor de agua en un espacio con una humedad dada, donde la temperatura y presión del valor son reducidas. Es la temperatura - que corresponde a la saturación para una humedad absoluta dada a presión constante.

Temperatura de Saturación.

Temperatura a la cual una mezcla dada de vapor de agua y aire está saturada (punto de rocío)

Tonelada de Refrigeración.

Potencia de refrigeración equivalente a 3.5 -- Kw.

Transferencia de calor en estado estacionario.

El flujo de calor que pasa por un sistema en forma constante, es decir, independiente del tiempo.

Transferencia de Calor en estado no estacionario.

La cantidad de calor que fluye en un sistema y que varía con el tiempo.

Transmitancia.

Capacidad de un material para transmitir energía radiante. Está dada por el flujo de radiación incidente sobre el mismo.

V

Vapor.

Gas que se encuentra cerca del equilibrio con el líquido. (1)

Vapor saturado.

Vapor en equilibrio con su líquido.

Volumen Específico.

El volumen de una sustancia por unidad de masa.

Z

Zona de Confort.

Estado mental bajo el cual la mayoría de los usuarios de un espacio manifiestan satisfacción con el medio ambiente que les rodea. Es el punto de equilibrio entre las condiciones ambientales externas y las del interior de un esp-

cio que permite la realización de las diversas actividades de los usuarios bajo condiciones confortables y satisfactorias.

REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFIA

REFERENCIAS.

INTRODUCCION.

1. García Chávez José Roberto

Memorias del Primer Curso de Posgrado
"Arquitectura Bioclimática y Energía Solar".
México, D.F. 1984

CAPITULO I.

1. Strahler, Arthur

Modern Physical Geography. John Wiley & Sons,
New York, 1978.

2. Park, Jack

The Wind Power Book, Cheshire Books,
Palo Alto, California, 1981.

3. Buck, Charles

Fire Weather. Agriculture Handbook 360
U.S. Department of Agriculture, Forest
Service, 1970.

4. Evans, B.H.

Natural Air Flow Around Buildings
Research Report 59. Texas Engineering
Station, College Station Texas, 1957.

5. Koeningsberger, O.M. /
Szokclay, Steve

Manual of tropical Housing and Building
Longman, London, 1974.

6. Bowen, Arthur

Design Guidelines on Vertical Airflow in
Buildings and Urban Areas. Memorias PLEA'84
México, D.F. 1984.

7. Velasco Levy, Alejandro

La Contaminación Atmosférica en la Ciudad de
México. Ciencia y Desarrollo No.52, 1983.

CAPITULO II.

1. Robinette, Gary

Plants/People/and Environmental Quality
U.S. Department of the Interior, National Park
Service, Washington, D.C. 1972.

2. Strahler, Arthur

Modern Physical Geography. John Wiley & Sons,
New York, 1978.

3. Buck, Charles
Fire Weather. Agriculture Hand book 360, U.S.
Department of Agriculture. Forest Service, 1970.
4. Bowen, Arthur/
Gingras, S.
Wind Environments in Buildings and Urban Areas
Department of Architecture and Planning University
of Miami, Coral Gables, Florida U.S.A. 1978.
5. Watson, Donald /
Labs, Kenneth
Climatic Design for Home Building
Guilford C.T. 1980.
6. Olgyay, Victor
Design with Climate. Princeton University Press.
Princeton, New Jersey, 1963.

CAPITULO III.

1. Givoni, Baruch
Basic Study of Ventilation Problems in Hot Countries
Building Reserch Station, Technion - Israel Institute
of Technology, Haifa, Israel, 1962
2. Givoni, Baruch
Man, Climate and Architecture. Van Nostrand..
New York, 1981.
3. Reed, Robert H.
Design for Natural Ventilation in Hot Humid Weather
Texas Engineering Experimental Station. College
Station, Texas.
4. Bowen, Arthur
Wind Environments in Buildings and Urban Areas
Department of Architecture and Planning
University of Miami, Coral Gables, Florida USA, 1978.
5. Olgyay, Victor
Design with Climate. Princeton University Press.
Princeton, New Jersey, 1963.
6. Koeningsberger O.H. /
Sokolay, Steve
Manual of tropical Housing and Building
Longman, London, 1974.
7. Evans, B.H.
Research Report 59 Texas Engineering Station
1957, College Station, Texas.

8. Sobin, Harris J.
"Window Design for Passive Ventilative Cooling: an experimental study", College of Architecture University of Arizona, Tucson, Arizona 85721 1966.1 (the study was undertaken at the Department of Tropical studies of the Architectural - Asociation, London, from 1963-1966).
9. Watson, Donald /
Labs, Kenneth
Climatic Design for Home Building,
Guilford C.T. 1980.
10. Bowen, Arthur
Design Guidelines on Vertical Airflow in Building and Urban Areas. Memorias PLEA'84 México, D.F. -- 1984.
11. Bahadori, Meholi, N.
Sistemas Pasivos de Refrigeración en la Arquitectura Iraní, Investigación y Ciencia No. 19, 1978 [Scientific American].

CAPITULO IV.

1. Velasco Levy, Alejandro
La Contaminación Atmosférica en la Cd. de México, Ciencia y Desarrollo No. 52 1983.
2. Escobedo, Lourdes
El Medio, Rsvista de Geografía Universal Año 10 Vol. 19 No. 5
3. Fernando Tudela
Ecodiseño, UAM - Xochimilco, México 1982.
4. Guía del Consumidor
"La Contaminación dentro de la casa"
Organo de difusión de la Asociación Mexicana de Estudios para la defensa del consumidor
Año 15 No. 160 Junio 1985.
5. Evans, B.H.
Research Report 59, Texas Engineering Station, 1957, College Station Texas.
6. Givoni, B.
Man, Climate and Architecture
Vnn Nostrand, New York.
7. Givoni, B.
Basic Study of Ventilation Problemas
In Hot Countries Building Reserch Station
Technion Israel Institute of Technology, 1962

B I B L I O G R A F I A .

- Anderson, Bruce Solar Energy: Fundamentals in Building Design
Mc. Graw Hill, New York, 1977.
- Arizona State University Solar Oriented Architecture, Arizona State
University, Temple Arizona, 1975.
- Ashrae Handbook 1981 Fundamentals Atlanta: American Society of Heating,
Refrigerating and Aire Conditioning
Engineers, Inc., U.S.A. 1982.
- Atlas del Agua de la República Mexicana. México, Secretaría de Recursos Hidráulicos, 1976
- Bahadori, M.N. Passive Cooling Systems in Iranian Architecture
Scientific American, Vol. 238, No. 2 febrero 1978.
- Bardow, P. Arzoumanian V. Sol y Arquitectura, G. Gili, Barcelona, 1962.
- Rowen, Arthur Wind Environments in Buildings and Urban
Areas. Department of Architecture and Planning
University of Miami, Coral Gables, Florida USA 1978.
- Bowen, Arthur Flujo de aire vertical en edificios. Memorias
PLEA'84, México, D.F.
- Buck, Charles Fire Weather. Agriculture Handbook 360, U.S.
Department of Agriculture. Forest Service, 1970
- Evans, B.H. Research Report 59. Texas Engineering Station,
1957, College Station, Texas.
- Evans, Martin Housing, Climate and Comfort. The Architectural
Press, London, 1980.
- García Chávez José Roberto Memorias del Primer Curso de Posgrado
"Arquitectura Bioclimática y Energía Solar"
México, D.F., 1984.
- Givoni, Baruch Man, Climate and Architecture. Van Nostrand, New
York, 1981.

Guía del Consumidor

"La Contaminación dentro de la casa"
Órgano de Difusión de la Asociación Mexicana de
Estudios para la Defensa del Consumidor,
Año 15, No. 160, julio de 1985.

Guyot, Alian
Izard, Jean Louis

Arquitectura Bioclimática. G. Gili,
Barcelona, 1982.

Kcnya, Allan

Design Primer for Hot Climates. Whitney
Publications, New York, 1980

Koenisberger, Ott.
Szokolay, Steve

Manual of Tropical Housing and Building.
Longman, London, 1974.

Lippsmeier, George

Building in The Tropics. Callwey Verlag,
Munich, 1969.

Markus, T.A.
Morris, E.

Building, Climate and Architecture. London, Pitman
Publishing Limited; Londo, 1980.

Olgyay, Victor

Design with climate. Princeton University Press.
Princeton, New Jersey, 1963.

Park, Jack

The Wind Power Book Cheshire Books, Palo Alto,
California, 1981.

Reed, Robert H.

Design for natural ventilation in hot humid weather
Texas Engineering Experimental Station, College
Station, Texas.

Robinette, Gary

Plants/people/and Environmental Quality, U.S.
Department of the Interior, National Park Service
Washington, D.C., 1972.

Sobin, Harris, J.

"Window Design for Passive Ventilative Cooling, an
experimental study", College of Architecture, Uni-
versity of Arizona. Tucson, Arizona, 85721, 1966.1
(The study was undertaken at the Department of Tro-
pical Studies of The Architectural Association) ---
London from 1963-1966.

- Steadman, Philippe Energía, Medio Ambiente y Edificación. Blume, Madrid, 1979.
- Strahler, Arthur Modern Physical Geography. John Wiley & Sons, New York, 1978.
- Tudela, Fernando Ecodiseño U.A.M. - Xochimilco, México, 1982.
- United Nations Centre for Human Settlements Passive Solar Architecture. Report of the training workshop. Passive Cooling in Tropical Architecture, 23-27 May, 1983. Barbados.
- Watson, Donald Energy Conservation Through Building Design Mc. Graw Hill, Inc. U.S.A. 1979.
- Watson, Donald / Labs, Kenneth Climatic Design for Home Building. Guilford, CT 1980
- Wells Malcom, Anderson, Bruce Guía Fácil de la Energía Solar Pasiva. G. Gili México, 1984.
- Wright, David Natural Solar Architecture: a passive primer, Van Nostrand Reinhold Company, New York, 1978.

El usuario se obliga a devolver este libro en la fecha
señalada en el sello mas reciente

Código de barras. _____

FECHA DE DEVOLUCION

[illegible]

2894709

- Ordenar las fechas de vencimiento de manera vertical.
- Cancelar con el sello de "DEVUELTO" la fecha de vencimiento a la entrega del libro

UAM
NA2541
G3.65

2894709
García Chávez, José Rober
Arquitectura bioclimática



UNIVERSIDAD AUTONOMA METROPOLITANA

MTRO. CARLOS PALLAN FIGUEROA
Rector U. A. M. AZCAPOTZALCO

ARO. MANUEL SANCHEZ DE CARMONA
Secretario de la Unidad

ARO. ANTONIO TOCA FERNANDEZ
Director de la División de Ciencias y Artes
para el Diseño

M. en A. HUMBERTO RODRIGUEZ GARCIA
Jefe del Departamento de Medio Ambiente
para el Diseño